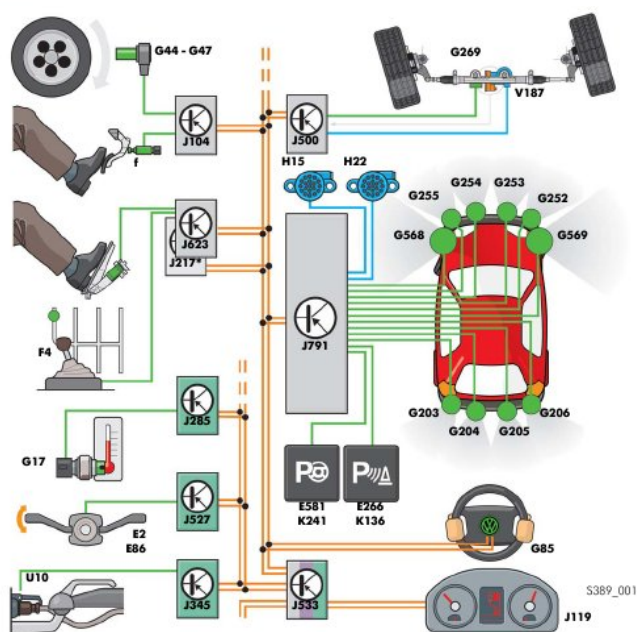
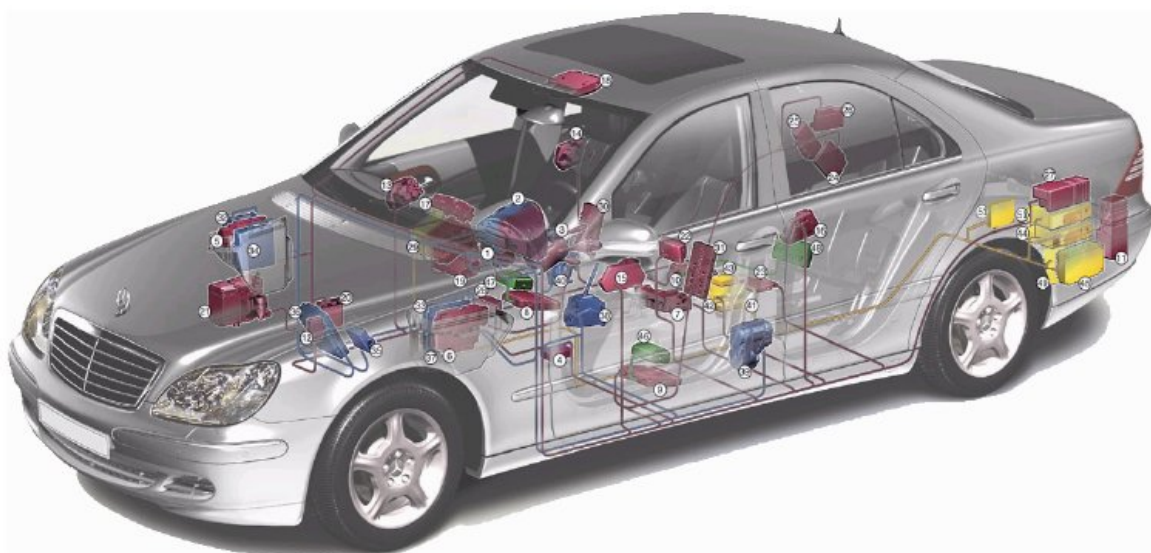


А. А. Кашканов, В. П. Кужель, О. Г. Грисюк

ІНФОРМАЦІЙНІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

А. А. Кашканов, В. П. Кужель, О. Г. Грисюк

ІНФОРМАЦІЙНІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2010

УДК 629.113.066
ББК 39.33:39.16я73
К31

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 9 від 23.04.2009 р.)

Рецензенти:

В. Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор

В. П. Волков, доктор технічних наук, професор

В. В. Біліченко, кандидат технічних наук, доцент

Кашканов, А. А.
К31 **Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту** : навчальний посібник / А. А. Кашканов, В. П. Кужель, О. Г. Грисюк. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 230 с.

В посібнику подано основні принципи побудови та функціонування сучасних інформаційних комп'ютерних систем, які знаходять широке застосування в бортовому обладнанні автотранспортних засобів (АТЗ). Розглянуто варіанти реалізації автоматичного електронного керування механічними вузлами, системами та агрегатами, дія яких направлена на поліпшення експлуатаційних властивостей автомобіля. Також описано вхідні перетворювачі (датчики) та виконавчі механізми електронних систем АТЗ.

Розрахований на студентів спеціальності „Автомобілі та автомобільне господарство”.

УДК 629.113.066
ББК 39.33:39.16я73

ЗМІСТ

	с.
Передмова.	5
1 Короткий нарис розвитку інформаційних комп'ютерних систем автотранспорту.	8
1.1 Місце технічної та економічної кібернетики в загальній структурі керування.....	8
1.2 Історія розробки теоретичних і практичних методів технічної кібернетики та діагностики на автомобільному транспорті.....	10
1.3 Тенденції розвитку автомобільної електроніки.....	15
2 Транспортні засоби як кібернетичні системи.	27
2.1 Кібернетичні системи керування.....	27
2.2 Методи вивчення об'єктів кібернетичних систем.....	30
2.3 Автомобільні датчики.....	34
2.4 Електронні блоки керування, мікрокомп'ютери.....	61
2.5 Виконавчі механізми електронних систем.....	65
2.6 Реалізація законів керування в автомобільних системах.....	73
2.7 Методи оптимізації керування АТЗ.....	91
3 Системи керування двигунами.	100
3.1 Призначення, принципи роботи систем керування двигунами. Критерії керування.....	100
3.2 Параметри керування, що забезпечують потрібну потужність, паливну економічність та екологічність двигунів.....	104
3.3 Особливості систем керування бензинових двигунів.....	106
3.4 Особливості систем керування дизельних двигунів.....	111
4 Керування трансмісією.	116
4.1 Системи керування зчепленням.....	116
4.2 Автоматичні коробки передач.....	117
4.3 Повнопривідні автомобілі.....	122
4.4 Системи контролю тягового зусилля.....	123
5 Системи керування підвіскою.	124
5.1 Призначення та особливості будови електронних систем керування підвіскою.....	124
5.2 Керовані системи підвісок.....	125
5.3 Електронне керування жорсткістю підвіски, амортизаторами та регулювання висоти кузова.....	128
6 Керування гальмовими системами.	135
6.1 Призначення електронного керування гальмами, види використовуваної енергії та способи її передачі.....	135
6.2 Антиблокувальні системи.....	136
6.3 Системи регулювання гальмівних зусиль.....	141
6.4 Повністю електронні системи.....	143
6.5 Керування гальмовою системою при круїз-контролі.....	145
7 Рульове керування.	147

8	Інформаційні контрольно-діагностичні системи.....	151
8.1	Інформаційна система автомобіля.....	151
8.2	Контрольно-вимірювальні прилади та засоби бортової діагностики.....	152
8.3	Бортові контролери і системи зв'язку.....	158
8.4	Система керування CARTRONIC.....	163
9	Керування мікрокліматом в салоні.....	165
9.1	Мета та умови керування.....	165
9.2	Основні компоненти системи клімат-контролю.....	166
9.3	Особливості роботи електронного блока керування.....	173
10	Охоронні системи.....	177
10.1	Способи реалізації електронного захисту автомобіля від угону.....	177
10.2	Класифікація автомобільних охоронних систем.....	178
10.3	Датчики охоронних систем.....	180
10.4	Імобілайзери.....	182
10.5	Робота охоронної системи з дистанційним керуванням.....	184
10.6	Пристрої розкриття кодів сигналізації.....	186
10.7	Допоміжні пристрої охоронних систем.....	187
11	Системи визначення місцезнаходження автомобілів та навігаційне устаткування.....	189
11.1	Класифікація та характеристика систем контролю за переміщенням автотранспорту.....	189
11.2	Методи визначення місця розташування транспортних засобів, які використовуються в AVL-системах.....	192
11.3	Обладнання навігаційних систем.....	196
11.4	Економічна ефективність та окупність систем.....	199
12	Лабораторний практикум.....	202
12.1	Системи керування двигуном.....	202
12.2	Системи керування трансмісією.....	204
12.3	Системи керування підвіскою.....	206
12.4	Системи керування гальмами.....	208
12.5	Інформаційні контрольно-діагностичні системи.....	210
12.6	Охоронні системи.....	212
12.7	Системи навігації та зв'язку.....	215
	Література.....	217
	Глосарій.....	219

ПЕРЕДМОВА

Електроустаткування, електроніка і бортова діагностика автомобілів є складовою частиною сучасного наземного транспортного засобу. Вдосконалення цієї частини привело до виникнення нової області техніки - автомобільної електроніки.

Поняття "автомобільна електроніка" широко поширене в сучасній технічній літературі, але його означення не сформульоване. На думку більшості авторів [2, 4-10, 12] під автомобільною електронікою слід розуміти комплексний науково-технічний напрям, пов'язаний з проектуванням, виробництвом і експлуатацією автомобільних електронних систем.

Сучасна наука про автомобільне бортове обладнання розвивається в двох напрямках:

- в напрямку пошуку способів покращення параметрів і характеристик існуючих пристроїв, систем, апаратів і приладів;
- в напрямку розробки нових функціональних вузлів, систем і блоків для потреб автоматизації і механізації робочих процесів на автомобілі.

Так, на базі наукових досліджень за короткий історичний період реалізовано кардинальне удосконалення класичного електрообладнання, а також створено ряд нетрадиційних для автомобіля бортових систем автоматичного керування. Це стало можливим завдяки досягненням в області напівпровідникової та мікроелектронної технології виготовлення електросхем, які складають значну частину автомобільного бортового обладнання.

Разом з удосконаленням відомих бортових пристроїв розроблені і в наш час широко застосовуються нові системи бортової автоматики. Компонентами цих систем можуть бути різноманітні технічні пристрої, які відрізняються один від одного як за принципом дії, так і за конструктивним виконанням. Це можуть бути електричні, електронні, електронно-обчислювальні, механічні, пневматичні, гідравлічні та інші технічні вироби, здатні виконувати відповідні функції електронної системи.

Автомобільні електронні системи мають одну загальну властивість – вони керують неелектричними процесами, але самі керуються від електронної автоматики, при цьому первинними джерелами керованих сигналів є людина (водій), програма, яка закладена в електронну пам'ять, та вхідні неелектричні впливи.

Основні причини прискореного розвитку автомобільних електронних систем можна розділити на суб'єктивні та об'єктивні. До суб'єктивних причин відноситься розповсюдження засобів обчислювальної техніки в сучасному суспільстві, прагнення додати автомобілю індивідуальності та законодавчі заходи.

Великі можливості обчислювальної техніки і уміння їх використовувати широкими колами населення привели до того, що в багатьох країнах автомобіль без електронних систем став неконкурентоздатним. Споживачеві він здається архаїчним, не відповідним сучасному розвитку техніки. Тому вимогу використання електронних систем можна розглядати не як скороминущу моду, а як постійно спостережуваний наслідок науково-технічного прогресу.

Якщо зовнішній вигляд автомобілів одного класу стає все більш схожим у зв'язку з поліпшенням аеродинамічних властивостей, то електронні системи відрізняються великою різноманітністю. Це дозволяє робити автомобілі оригінальними, встановлюючи різні моделі електронних систем. Особливою мірою такі достоїнства повинні мати електронні системи, з якими контактують водії та пасажери:

- електронні системи на панелі приладів;
- електронні системи підвищення комфортабельності і безпеки;
- електронні системи зв'язку і т. ін.

Розвиток електронних систем сприяв і появі нормативних документів, в яких регламентовані гранично допустимі техніко-економічні показники автомобілів. Деякі з таких нормативів не можуть бути дотримані без використання електронних систем. Наприклад, в багатьох країнах обмежується токсичність вихлопних газів і максимальна витрата палива. Порушення норм максимальної токсичності вихлопних газів, як правило, не допускається, а паливної економічності – призводить до значних штрафів. Так, покупці автомобілів з підвищеною витратою палива в США платять істотний додатковий податок [8].

Проте відсутність суб'єктивних причин розвитку автомобільної електроніки не загальмувала б широкого розповсюдження електронних систем. Це можна пояснити тим, що застосування електронних систем дозволяє добитися значного поліпшення експлуатаційних властивостей автомобіля: зниження токсичності вихлопних газів, забезпечення безшумності, підвищення паливної економічності, безпеки руху, комфортабельності, прохідності, простоти технічного обслуговування, поліпшення тягово-швидкісних і гальмівних властивостей, керованості і стійкості, зручності посадки і висадки, легкості керування автомобілем, маневреності, розрізнення автомобіля на дорозі, видимості з салону автомобіля, захищеності від неправильних і неприпустимих дій водія, зловмисників і т. ін.

Поліпшення експлуатаційних властивостей автомобіля досягається застосуванням електронних систем, що мають такі функції: керування роботою двигуна, агрегатів автомобіля; відображення інформації водієві, пасажиром, пішоходам, водіям інших автомобілів; зберігання інформації; прийому інформації в автомобіль від зовнішніх дорожніх систем, які здійснюють інформаційне керування; передачі інформації з автомобіля.

Найбільшого поширення набули функції управління і відображення інформації. Електронні системи управляють роботою двигуна, трансмісії, ходової частини, рульового управління, гальмівної системи, кузова, системи електроживлення і комунікацій. Все більш популярними стають електронні системи для відображення інформації. Візуальні індикатори показують цифрові значення безлічі різноманітних параметрів: від традиційних (наприклад, швидкість руху і частота обертання колінчастого вала) до тих, що не застосовувалися раніше (наприклад, на автомобілях фірми "Форд" відображається момент займання суміші в кожному циліндрі). Значення параметра кодується яскравістю, довжиною та шириною лінії і тому подібне. Після повідомлення водія про настання події (наприклад, несправності в конкретній системі), система "рекомендує" водієві доцільні дії з усунення несправності.

Широко використовуються текстові повідомлення, відображення схематичного характеру (наприклад, автомобіль в плані з вказанням несправного вузла). Враховуючи завантаженість зорових аналізаторів водія, на багатьох автомобілях використовуються акустичні індикатори, що подають у разі потреби звуковий сигнал. Набули поширення синтезатори мови, що виробляють мовні повідомлення, наприклад, про відкриті двері, про необхідність пристебнути ремені безпеки, перевищення допустимої температури охолоджувальної рідини. Користуються популярністю розважальні електронні системи: радіоприймачі, телевізори, магнітофони.

Електронні системи зберігають необхідну інформацію в напівпровідникових запам'ятовуючих пристроях (НПЗП), на магнітних носіях і дисках. Водій має можливість записати на машинному носіїв інформацію про майбутній маршрут руху, розташування автозаправних станцій, список необхідних справ. Ці відомості виводяться на екран дисплея за командою водія або при настанні заданих водієм подій (моменту часу, подолання автомобілем заданої відстані).

Для виявлення причин дорожньо-транспортної пригоди в електронній системі зберігається інформація про передуючі аварії режими руху, дії водія, технічний стан транспортного засобу.

Електронні системи передають інформацію з автомобіля в автоматизовані системи керування (АСК) дорожнім рухом для організації оптимального управління світлофорами, дорожніми знаками (оперативно змінюється допустима швидкість, забороняється або дозволяється проїзд по деяких маршрутах і тому подібне). За допомогою передавальних пристроїв з автомобіля за бажанням водія можна викликати швидку допомогу, пожежників, міліцію, вести телефонні переговори.

Розгляду принципів роботи електронних систем, автомобільних датчиків та виконавчих механізмів, їх впливу на функціональні можливості і параметри сучасних автомобілів присвячений даний навчальний посібник.

1 КОРОТКИЙ НАРИС РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ АВТОТРАНСПОРТУ

1.1 Місце технічної та економічної кібернетики в загальній структурі керування

Рішення проблеми радикального поліпшення керування (control) складними транспортними системами можливе тільки при широкому дослідженні досягнень в області кібернетики (гр. – мистецтво управляти).

Предметом кібернетики є складні кібернетичні (автоматизовані) системи, які розглядаються абстрактно без врахування їхньої фізичної природи. Такі системи можуть бути з постійною та змінною структурою, детерміновані або стохастичні, безперервні та дискретні. Структурна схема керування будь-якою складною системою складається з об'єкта керування та пристрою керування. Наявність каналів прямого і зворотного зв'язку забезпечує кругообіг інформації (information).

Місце технічної та економічної кібернетики в загальній структурі керування показано на рис. 1.1. Теорія великих систем і системологія розробляють методи дослідження абстрактних, фізичних, біологічних, технічних, економічних та ін. систем.

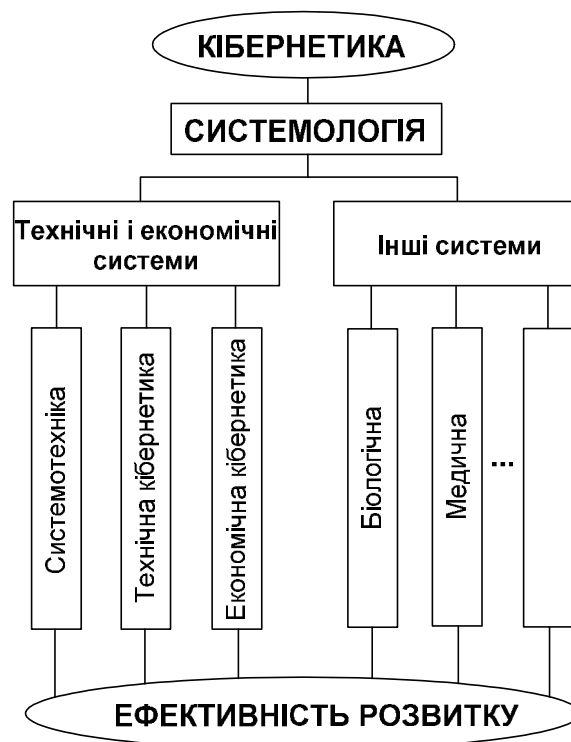


Рисунок 1.1 – Структурна схема керування

Для керування технічними та економічними системами існують три основних кібернетичних напрямки: системотехніка (systems engineering), технічна кібернетика (engineering cybernetics) та економічна кібернетика (economical cybernetics).

Системотехніка – науково-технічний напрямок, що вивчає питання проектування, конструювання та експлуатації складних технічних систем і машин з метою одержання найбільшого соціально-економічного ефекту. Основна увага в системотехніці концентрується на середньому рівні керування (керування підприємством, заводом, галуззю).

Технічна кібернетика вивчає способи поведінки окремих реальних механізмів машин та інших підсистем у різних умовах їхньої роботи. Особлива увага приділяється інформаційним процесам (теорія інформації, ентропія), методам підвищення надійності та довговічності, діагностиці та прогнозуванню технічного стану, створенню робототехнічних систем.

Економічна кібернетика розглядає економіку в цілому, а також структурні й функціональні ланки і є теоретичною основою створення автоматизованих систем керування (АСК). Стосовно транспортних систем вона повинна вирішувати такі завдання: як при обмежених фінансових, технічних та енергетичних ресурсах збільшити провізні можливості вантажних і пасажирських автомобілів; як підвищити ефективність роботи рухомого складу і зменшити його негативний вплив на екологію; які необхідно здійснити адміністративні реформи, що відповідають трансформаційним процесам у суспільстві, тощо.

У ряді випадків між системотехнікою, технічною та економічною кібернетикою важко вказати чітку грань.

До інших кібернетичних систем можна віднести кібернетику біологічну, медичну, кібернетику у військовій справі. Біологічна кібернетика розглядає складні біологічні системи при взаємодії їх з навколишнім середовищем з погляду теорії інформації (синтез білків у клітці, робота людського мозку й т.д.). Медична кібернетика займається створенням діагностичних і лікувальних центрів, обробкою результатів аналізів. Кібернетика у військовій справі займається розробкою систем керівництва і керування військами та бойовою технікою, автоматизованих систем для протиповітряної оборони і пристроїв керування ракетними системами, системами кораблеводіння та ін.

Розвиток кібернетики на транспорті не можливий без активного використання інформаційно-комп'ютерних технологій (ІКТ) (informative computer technology) в транспортних системах спостереження і диспетчеризації, які забезпечують:

- обмін інформацією між логістичними партнерами із перевезення вантажів по мережі, електронній пошті, радіо- і телефонному зв'язку;
- оперативне керування рухом автомобіля на маршруті та визначення його місця розташування;
- інформування водіїв про дорожні умови, ціни на паливо-мастильні матеріали (ПММ), дислокацію автозаправних станцій (АЗС), розташування складів, готелів, відділень ДАІ, медпунктів;
- контроль за діями водіїв і зв'язок їх з диспетчером;
- передачу інформації про стан вантажу і технічні несправності;

- контроль витрати палива, стану і заміни шин;
- безготівкові розрахунки водія по кредитних картках за ПММ і автосервіс, розрахунки між логістичними партнерами за перевезення, експедирування, навантаження-розвантаження, зберігання й страхування.

Для впровадження і розвитку інформаційно-комп'ютерних технологій (ІКТ) при керуванні транспортуванням вантажів необхідне створення і ведення електронних баз даних і довідників про логістичних партнерів, види автотранспорту, склади, станції технічного обслуговування, готелі, банки, схеми і стан автомобільних доріг. Крім того, будуть потрібні спеціальні програмні продукти, наприклад, РС Vtrak, що дозволяють встановити оперативний контроль і спостереження за невеликим транспортним парком (до 35 рухомих об'єктів), а також установлення спеціального устаткування на автомобіль (car) (антен, комп'ютерів, радіостанцій, сенсорних датчиків) і підключення до глобального супутникового зв'язку Inmarsat-C або супутникової радіонавігаційної системи GPS NAVSTAR та Internet.

1.2 Історія розробки методів технічної кібернетики та діагностики на автомобільному транспорті

Розробкою теоретичних і практичних методів технічної кібернетики та діагностики транспортних машин дослідники займаються вже давно.

В 1881 р. російський інженер А. П. Бородін уперше запропонував здійснювати випробування транспортних засобів у стаціонарних умовах на пересувних стендах. В 1902 р. ним була створена станція для випробування паровозів – спеціальний стенд із котками. Пізніше інженер А. Рідлер розробив метод лабораторних випробувань автомобілів, а інженер Джорж – метод стендових випробувань двигунів (engine).

На початку 20 століття у Росії стали з'являтися перші автомобілі закордонних конструкцій. В 1909 р. інженер Н. Г. Кузнєцов видав першу в Росії книгу "Курс автомобілізації". У ній на досить високому професійному рівні викладалися конструкція автомобілів, початкові відомості по теорії автомобіля й методи перевірки справності. До 1916 р. ця книга перевидавалася п'ять разів.

В 1918 р. у Петербурзі була видана книга Л. Ямпольського "Хворий автомобіль і способи його лікування (несправності, їхні причини, ознаки, наслідки, розпізнавання, усунення й попередження)". Це була перша книга з діагностики автомобілів.

У нашій країні вперше в 1924 р. професором В. І. Сороко-Новіцьким була запропонована для випробування автомобілів конструкція стенда із двома парами бігових барабанів малого діаметра.

В 1936 р. професор А. Я. Шор опублікував книгу "Експлуатація автомобільного транспорту". У ній описана технологія випробування і перевірки автомобілів на так званих "доріжках безпеки", які

застосовувалися в той час у США. Ці "доріжки" призначалися для перевірки фар, кутів установлення коліс і гальмових систем за допомогою стендів "Коудрей", "Джамбо" й "Фруд".

В 1938 р. інженер І. М. Чернишов запропонував удосконалений лабораторний метод випробування автомобілів на стенді з біговими барабанами для визначення якості їхнього складання і регулювання, а також економічних показників.

В 40-і роки з початком масової експлуатації автомобілів стали впроваджуватися найпростіші контрольно-вимірювальні пристосування (компресметри, щупи, стетоскопи, люфтоміри) і різні (переважно органолептичні) методи діагностування механізмів й агрегатів.

Більш широке впровадження діагностичних засобів почалося в післявоєнний період. В 1950 р. у Москві був побудований один з перших стендів з біговими барабанами з гідравлічним гальмом. Пізніше аналогічні стенди були побудовані в м. Челябінську (АТК-17), м. Елгава Латвійська РСР (АК-2853), м. Києві (АК-2240) і ін.

В 1962 р. у ХАДІ на базі кібернетичного підходу був створений автоматизований стенд із біговими барабанами з електроприводом постійного струму, призначений для виконання науково-дослідних робіт на вантажних автомобілях.

На початку 60-х років у НДІАТ, ХАДІ, МАДІ, ДержавтотрансНДІпроекті та інших наукових організаціях почалися науково-дослідні роботи в області технічної діагностики автомобілів. В 1965 р. у ХАДІ була створена перша головна науково-дослідна лабораторія з діагностики автомобілів (ГНДЛ Мінавтотранса УРСР). Важливі дослідження з діагностики автотракторних двигунів і сільгоспмашин були виконані в ГОСНИТИ, Сибірському інституті механізації та електрифікації сільського господарства, Ленінградському та Волгоградському СГІ та ін.

Значним поштовхом у розвитку теоретичних і практичних питань діагностики стала 1-а Всесоюзна наукова конференція з діагностики автомобілів (1967 р., м. Харків), на якій були сформульовані основні напрямки в розвитку методів і засобів технічної кібернетики та діагностування автомобілів. Друга конференція також була проведена в м. Харкові в 1980 р., а третя в м. Улан-Уде в 1988 р.

За матеріалами наукових досліджень у ХАДІ в 1967 р. була видана книга "Основи експлуатаційної діагностики автомобілів", в 1970 р. видавництво "Транспорт" випустило книгу "Діагностика технічного стану автомобілів", в 1976 р. була видана брошура "Діагностика автомобілів сьогодні й завтра".

У період з 1970 р. по 1990 р. у ряді організацій тривали науково-дослідні роботи зі створення теорії, методів і засобів технічної кібернетики і діагностування автомобілів.

У навчальних і науково-дослідних інститутах були організовані спеціальні науково-дослідні лабораторії. У ХАДІ за рішенням Державного

комітету СРСР з науки і техніки була створена проблемна науково-дослідна лабораторія з діагностики та прогнозування технічного стану автомобілів, у МАДІ – галузева лабораторія Мінавтотранса РСФСР, у ДержавтотрансНДІпроекті – відділ діагностики, у Ризі – СПКБ з проектування діагностичних засобів і т.д. Видано кілька монографій і підручників, керівних документів і державних стандартів. Захищено ряд докторських і кандидатських дисертацій з тематики діагностування автомобілів.

Актуальність робіт в області технічної кібернетики і діагностики підтверджується розробкою державних стандартів. Провідними спеціалістами розроблено більше 10 стандартів. До основних можна віднести такі:

ГОСТ 26656-85. Технічна діагностика. Контролепригодність. Загальні вимоги.

ГОСТ 23564-79. Технічна діагностика. Показники діагностування.

ГОСТ 23435-79. Двигуни внутрішнього згоряння поршневі. Номенклатура діагностичних параметрів.

ГОСТ 26899-86. Стенди роликові для визначення параметрів тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобілів і колісних тракторів в умовах експлуатації. Загальні технічні вимоги.

ГОСТ 25478-82. Автомобілі легкові й вантажні, автобуси, автопоїзди. Вимоги безпеки до технічного стану. Методи перевірки.

ГОСТ 25044-81. Діагностування автомобілів, тракторів, сільськогосподарських, будівельних і дорожніх машин. Основні положення.

ГОСТ 25175-82. Засоби віброакустичного діагностування. Загальні технічні умови.

Отримано авторські свідоцтва на багато винаходів, які успішно використовувались при діагностуванні транспортних машин. Автоматизована станція комплексної діагностики вантажних автомобілів, створена Ризьким спеціальним конструкторським бюро Мінавтопрома СРСР, була запатентована в США, Англії, Франції та інших країнах. Вона була оснащена логічними автоматами на базі діагностичних матриць і автоматичних реєстраторів виявлених несправностей. Проблемною лабораторією ХАДІ отримані авторські свідоцтва СРСР на пересувні й стаціонарні автоматизовані станції діагностики легкових і вантажних автомобілів, на конструкції різних стендів і приладів, на способи діагностування. Усього отримано більше 100 авторських свідоцтв.

Двічі, в 1976 й 1982 р., видавався "Посібник з діагностики технічного стану рухомого складу автомобільного транспорту", підготовлений співробітниками НДІАТ, ДержавтотрансНДІпроект, МАДІ і ХАДІ. У цих документах були викладені результати досліджень з технології і організації діагностування, нормативні значення діагностичних параметрів, наведений табель засобів діагностування, планувальні рішення

постів діагностики й т.д. В 1989 р. вийшов друком довідник "Технічні засоби діагностування (під ред. чл.-кор. АН СРСР В. В. Ключєва)". У ньому наведений системний аналіз сучасних вітчизняних і закордонних технічних засобів діагностування, застосовуваних у багатьох галузях промисловості й транспорту (автомобільний, залізничний, морський, повітряний). Приділено особливу увагу застосуванню автоматизованих систем діагностування, обчислювальної техніки і складних кібернетичних приладів. В основу довідника покладений досвід, накопичений провідними вченими в області технічної діагностики (Біргер І. А., Мозгалєвський А. В., Пархоменко П. П. й ін.).

Розвиток технічної кібернетики і діагностики автомобілів варто розглядати в безпосередньому зв'язку з розвитком всієї системи технічної експлуатації автомобілів. Система підтримки роботоздатності автомобілів практично сформувалася на початку 30-х років. В 1933 р. була запропонована планово-попереджувальна система ремонту. В 1943 вийшло у світ "Положення про профілактичне обслуговування автомобілів". Його основні ідеї розвивалися в "Положеннях про технічне обслуговування й ремонт рухомого складу автомобільного транспорту" 1947, 1949, 1954, 1963 й 1972 р.р.

Зусиллями багатьох наукових колективів були створені передумови для широкого впровадження теоретичних і практичних рекомендацій зі створення принципово нової системи профілактичного обслуговування і ремонту рухомого складу на базі діагностичної інформації.

На жаль, за різних причин результати цих серйозних досліджень не ввійшли в "Положення" 1984 р. Це стало головною причиною того, що прогресивна система контролю і керування рівнем роботоздатності та надійності машин, яка одержала широке поширення за кордоном, у країнах СНД фактично дотепер не впроваджена.

В 1991 р. Центральне Правління НТВ СРСР і Мінавтотранс РСФСР оголосили конкурс на розробку нової "Концепції технічного обслуговування і ремонту автомобілів". Проблемна лабораторія стала переможцем і лауреатом премії ЦП НТВ. Мінавтотрансом РСФСР було доручено ХАДІ разом з НДІАТ розробити "Положення" з урахуванням нової концепції. На жаль реалізувати теоретичні та конструкторські рекомендації і розробки не вдалося. Почався повсюдний обвал економіки.

Масштабне впровадження діагностичних засобів на автомобільному транспорті почалося з 1965 по 1970 р.р. Професор Серов А. В. керував створенням перших вітчизняних діагностичних роликівих стендів. Професор Л. У. Мірошніков, В. М. Міхлін, Б. В. Павлов та інші були ініціаторами впровадження досягнень електроніки і вимірювальної техніки. Значний внесок у становлення вітчизняної автомобільної діагностики в науковому й практичному відношеннях внесли вчені ХАДІ.

Промислове виробництво засобів діагностування було налагоджено в Мінавтотрансі РСФСР, Держагропромі СРСР, Мінавтотрансі УРСР та

інших міністерствах. Великими виробниками були Новгородський і Береговський дослідно-експериментальні заводи гаражного устаткування.

За станом на 1990 р. у всіх республіках було побудовано та введено у виробництво близько 2000 різних станцій діагностики. Середня оснащеність автотранспортних підприємств діагностичним устаткуванням становила 30...35 %.

Починаючи із середини 80-х років у багатьох розвинених країнах почалося масове впровадження автомобільних бортових комп'ютерів (АБК) різних поколінь.

До найпростіших пристроїв, призначених для діагностування вузлів і агрегатів автомобілів, відносяться тестери (tester), які оперативно контролюють технічний стан системи запалювання, гальмової системи, освітлювального та іншого обладнання. Їхні показання, як правило, виводяться на панель приладів. Роль процесора виконує спеціальна програмована логічна матриця. Ця мікросхема не може аналізувати дані, вона діє за принципом "є сигнал - немає сигналу" (наприклад, закриті або відкриті двері, чи пристебнутий ремінь, чи відповідає нормі рівень гальмівної рідини або мастила в картері двигуна). Тому тестери практично не можна вважати комп'ютерами.

Більш досконалі електронні пристрої є контролери (англ. «controller» - управителі), які виконують не тільки функції тестера, але й здійснюють ряд вимірів: визначають пройдений шлях, вибирають оптимальний режим руху, визначають строки заміни мастила двигуна з урахуванням його марки та режимів роботи. Такі бортові комп'ютери називаються "аналітичними". У них використовуються 8-ми або 16-ти розрядні процесори, постійні запам'ятовувальні пристрої (ПЗП), оперативні запам'ятовувальні пристрої (ОЗП) з різними периферійними пристроями.

Такі бортові міні-ЕОМ (computer) потребують дотримання певних правил експлуатації: не можна відключати "масу", вони чутливі до різких змін напруги (наприклад, при підключенні або відключенні акумуляторів). При відключенні живлення губиться інформація в ОЗП (поточна витрата палива, виявлені несправності та інше).

Бортові комп'ютери більш високого рівня називаються оптимізаторами (optimizer). Вони можуть не тільки діагностувати технічний стан, але й здійснювати керування системами упорскування палива та запалювання, вибирати найбільш оптимальні режими роботи двигуна, при яких досягається мінімальна витрата палива і викид шкідливих речовин з відпрацьованими газами. Вони можуть сигналізувати про необхідність, наприклад, заміни мастила або ременя газорозподільного механізму, запам'ятовувати коди критичних помилок і час їх виявлення.

У перспективі автоматичні оптимізатори одержать подальший розвиток. Вони можуть підтримувати такі значення регульованих впливів, при яких вимірювані величини будуть максимально наближатися до

мінімуму або максимуму. Можуть бути локальні та глобальні оптимізатори (локальний - при наявності одного екстремуму, глобальний - при наявності декількох екстремумів).

Для обнуління пам'яті АБК застосовуються спеціальні сервісні ключі, коди обнуління, що подаються на комп'ютер за допомогою замка запалювання. Обнуління може здійснюватися за допомогою спеціальних сигналів від сервісного комп'ютера на СТО. На деяких автомобілях застосовується метод "шпильки", суть якого полягає в тому, що за допомогою спеціальної тупої голки натискається схована в АБК потайна кнопка Reset (перезавантаження комп'ютера).

В автомобільні бортові комп'ютери можна ввести додаткові програми або змінити операційну систему, переписати базову систему введення-виведення. Автомобільні заводи оснащують свої автомобілі модульними бортовими комп'ютерами, які дозволяють нарощувати продуктивність АБК і додавати інші блоки, поступово перетворюючи автомобіль в "кіборг". Майбутнє за "інтелектуальними" автомобілями, у яких АБК будуть відігравати вирішальну роль у забезпеченні безпеки руху та підвищенні ефективності роботи рухомого складу.

1.3 Тенденції розвитку автомобільної електроніки

Сьогодні нікого вже не здивуєш великою кількістю електроніки в автомобілі, особливо високого класу – в "Лінкольні" моделі Mark VIII тільки мікропроцесорів більше, ніж на сучасному винищувачі. Ринок автомобільної електроніки є одним з чотирьох найбільш швидкозростаючих секторів електронної промисловості (після телекомунікаційного, комп'ютерного і промислового устаткування), яка, у свою чергу, є найбільш швидкозростаючою, – в середньому 8...10% приросту в рік – найбільшою галуззю світової промисловості. Причому основна частка вартості електронних пристроїв за кордоном доводиться не на сервісні пристрої (магнітоли, охоронна сигналізація і т. п.), а на засоби управління власне системами автомобіля і забезпечення безпеки.

Їх частка у вартості сучасного автомобіля поки також зростає, досягаючи зараз в середньому 12...17%, хоча аналітики і передбачають її стабілізацію в найближчому майбутньому на рівні близько 20...25%. Враховуючи безперервне зниження питомої вартості електронних пристроїв (у перерахунку на одну функцію), не можна сумніватися в тому, що число функцій, які виконуються електронними пристроями в автомобілі, і їх різноманітність неухильно розширюватимуться і далі, принаймні, до тих пір, поки споживач буде в змозі ними скористатися.

Завдяки поступовому відновленню зв'язків між українською і світовою економікою дисбаланс цін між електронікою і іншою машинобудівною продукцією, що існував в радянські часи, йде в минуле. Разом з цим необхідність одночасного підвищення економічності,

екологічності і поліпшення ходових якостей автомобілів стає актуальною і для вітчизняних автозаводів.

По-перше, це пов'язано з тим, що експорт морально застарілої продукції в розвинені країни стає практично неможливим, навіть за заниженими цінами, а підприємства потребують твердої валюти для оплати деталей і вузлів, що імпортуються. По-друге, останнім часом в нашій країні були прийняті відповідні світовій практиці жорсткіші нормативи на допустимі рівні забруднення повітря і безпеку автомобілів, що наблизить нас до умов, які склалися на світовому автомобільному ринку.

В наш час найбільш важливим і економічно виправданим є широке впровадження електронних систем, що дозволяють поліпшити характеристики і понизити вартість експлуатації двигуна і трансмісії, а також систем для підвищення безпеки – як активної (АБС - антиблокувальна система (antilock brake system (ABS)), АПС - антипробуксовна система) так і пасивної (подушки безпеки). Окрім цього розроблені і вже знаходять застосування інші електронні системи – управління підвіскою, навігаційні, паркувальні і т. д., але вони поки що швидше розкіш, ніж необхідність.

Довгий час єдиним електронним вузлом в автомобілі, окрім радіоприймача, була система запалення. Класична іскрова система запалення була вперше запропонована Пилипом Лебоном в 1801 р., а перше промислове застосування вона знайшла на газовому двигуні Ленуара в 1860-1864 рр. Через низький рівень електротехніки того часу іскрове запалення працювало ненадійно. Тому до 90-х років 19 століття більшість двигунів внутрішнього згорання будували з використанням гартівного запалення (сильно нагрітого тіла в камері згорання).

Ситуація змінилася із створенням Робертом Бошем цілком надійного і компактного магнето. Далі, в 10-х роках 20 століття, завдяки вдосконаленню конструкції свічки запалення, котушки запалення і підбору матеріалів контактів вдалося добитися задовільної роботи і від батарейної системи запалення. Проте вона, особливо контакти, все одно залишалася однією з найбільш ненадійних і тих, які потребують постійного обслуговування, частин автомобіля. Потрібні були нові рішення.

Перші електронні системи запалення були створені в 1940-х роках на основі газонаповнених тиратронів, проте широкого застосування не знайшли через громіздкість і крихкість конструкції. Масове застосування транзисторні системи запалення – спочатку контактні, потім безконтактні – знайшли на початку 1960-х років, коли General Motors Corp. (GMC) почала оснащувати ними свої серійні автомобілі.

Подальше розповсюдження електронних систем запалення загальновідоме. Окремий інтерес викликає система з високочастотним розрядом (electronic direct ignition system) (SAAB), запозичена у реактивних двигунів. При її створенні використані ті обставини, що

напруга пробою для високочастотної (80...200 кГц) напруги виявляється в два-три рази менша, ніж для низькочастотної, і замість тонкої ниткоподібної іскри виходить кулястий розряд з істотно більшою поверхнею.

Пониження напруги робить систему менш чутливою до замаслення і нагару на свічках, а куляста форма іскрового розряду прискорює займання і підвищує надійність підпалу бідних сумішей. Проте конструктивна складність і вища вартість цієї системи, а також те, що вона генерує великі радіоперешкоди, призвели до зняття її з виробництва після впровадження систем розподіленого впорскування з електронним керуванням (умови роботи свічок і системи запалення в цілому на таких двигунах набагато легші, ніж на карбюраторних).

Всупереч поширеній думці впорскування палива також не є новим винаходом. Більше того, спочатку майже у всіх двигунах внутрішнього згорання, що працювали на рідкому паливі, була використана саме система впорскування. Проте незабаром стало ясно, що вона потребує досить складного механізму регулювання кількості впорскуваного палива і паливних насосів-дозаторів, виготовлених з високою точністю. На початку 20 століття це обходилося дуже дорого, при розумній же ціні не забезпечувало необхідної надійності і стабільності характеристик.

Тому після винаходу Донатом Банкі простого і дешевого розпилювального карбюратора про системи впорскування в автомобілебудуванні майже забули. Вони залишилися тільки в дизельних двигунах, підвищена собівартість яких, до речі, багато в чому пов'язана з дорогою апаратурою безпосереднього впорскування високого тиску. Механічні пристрої керування впорскуванням через їхню високу ціну на масових автомобілях майже не застосовували. Перші системи з електричним керуванням були створені ще в 1939 р. (Moto Guzzi, Італія), але так і залишилися технічною екзотикою.

У 1957 р. фірма Chrysler представила автомобільну електронну систему керування впорскуванням палива, виконану на вакуумних лампах, але вона також не знайшла широкого застосування через високу вартість. Більшого поширення на початку 1970-х років набули транзисторні системи, які застосовувались на німецьких (Volkswagen, 1967) і японських (Nissan, 1971) автомобілях, що експортувались в США. На рубежі 70-х і 80-х років в Японії, США і дещо пізніше в Німеччині почали впроваджувати комплексні мікропроцесорні системи управління як двигуном, так і іншими системами автомобіля.

Карбюратору властиві багато недоліків: нестабільність регулювань, особливо при зміні температури і сорту палива; нерівномірний розподіл палива по циліндрах; низька точність роботи при малих навантаженнях, що вимушує налаштовувати карбюратори таким чином, що на холостому ході і малому навантаженні горюча суміш виявляється надмірно збагаченою. Крім того, карбюратор збільшує опір всмоктуванню повітря.

Через наявність поплавкової камери робота карбюратора погіршується в умовах сильного трясіння, прискорень на поворотах і при нахилах автомобіля.

До певного часу ці недоліки стосовно масових автомобілів цілком компенсувалися простотою і дешевизною карбюраторів. Проте в дорогих автомобілях, а також в поршневій авіації вже з кінця 30-х років намітилося повернення до використання систем впорскування палива з механічним керуванням. Вони були дуже складні і дорогі, але дозволяли підвищити економічність і стабільність роботи двигунів.

Із посилюванням вимог до екологічної чистоти вихлопу і спрощення обслуговування масового автомобіля, забезпечити їх виконання вдосконаленням карбюраторів виявилось вже практично неможливим (типовою вимогою на ринку США є необхідність в першому ТО двигуна і трансмісії не раніше, ніж через 80...100 тис. миль пробігу). Суть проблеми полягає в тому, що, якщо горюча суміш бідна, вона погано підпалюється, нестійко горить, схильна до детонації і при згоранні дає багато оксидів азоту N_{ox} . Потрапивши в атмосферу і з'єднуючись з водою, ці оксиди утворюють азотну і азотисту кислоти.

Якщо ж палива в суміші виявляється більше, ніж може бути спалено в наявній кількості кисню, то неповне згорання палива призводить до викидів вуглеводнів C_mH_n , чадного газу CO , бенз-а-піренів, альдегідів, а при ще більшому надлишку палива – і дуже канцерогенної кіптяви (димі). При сильному порушенні співвідношення між кількостями повітря і палива паливо-повітряна суміш взагалі перестає горіти, що, без сумніву, знайомо багатьом автомобілістам.

Різко – більш ніж у 10 разів – зменшити кількість шкідливих викидів можна, використовуючи каталітичний нейтралізатор (допалювач) вихлопних газів, проте для його роботи необхідний певний склад вихлопних газів. Зокрема, нейтралізатор не терпить роботи на етилованому бензині. Порушення цих умов призводить до необоротного виходу нейтралізатора з ладу.

Однак поява і швидке здешевлення мікропроцесорної техніки дозволила створити системи впорскування палива для бензинових двигунів, які не потребують дорогих прецизійних механічних пристроїв та мають більші можливості, ніж механічні. В результаті застосування електронних систем керування впорскуванням і запаленням палива з кінця 1980-х років в розвинених країнах стало економічно виправданим на автомобілях практично всіх класів.

Система впорскування з електронним керуванням (EFI - electronic fuel injection system) при використанні датчика вмісту кисню у вихлопних газах (λ -зонду) дозволяє забезпечити для кожного циліндра дуже стабільне ($\pm 0,5\%$) дотримання оптимального співвідношення за масою палива, що подається, і засмоктуваного повітря (1:14,65 для бензину). Це необхідно як для забезпечення роботоздатності каталітичного

нейтралізатора, так і для досягнення якнайкращого компромісу між потужністю і економічністю роботи двигуна. Саме тому забезпечити на практиці тривалий термін служби і роботоздатність каталітичних нейтралізаторів вдається тільки при використанні λ -зонду.

Системи впорскування палива умовно підрозділяють на три групи:

- з центральним впорскуванням (central fuel injection system), коли розпилювальна форсунка одна на весь впускний колектор (іноді її доводиться доповнювати другою – пусковою форсункою, що працює при холодному двигуні і відключається із прогріванням);
- з розподіленим (багатоточковим) впорскуванням (multipoint fuel injection system), якщо форсунки встановлені у всмоктувальних патрубках кожного циліндра поблизу від впускних клапанів;
- з прямим (безпосереднім) впорскуванням (direct fuel injection system), коли форсунка змонтована безпосередньо в стінці або головці циліндра і подає паливо безпосередньо в циліндр в такті стискування, коли клапани вже закриті.

У перших двох випадках тиск палива при його подачі не перевищує 0,4...1,0 МПа, тоді як при безпосередньому впорскуванні в дизелі він може досягати 60, а в бензиновому двигуні – 5 МПа.

Найдешевша система – з центральним впорскуванням – фактично дає тільки дві істотні переваги – вібростійкість і відсутність необхідності в частому регулюванні. Якнайкраще відношення ціна/якість в даний час забезпечують системи розподіленого впорскування у впускні патрубки (рис. 1.2). Системи безпосереднього впорскування в бензинових двигунах поки виправдані тільки в двигунах з наддуванням, оскільки вони дозволяють виключити винесення паливоповітряної суміші у вихлопний колектор при широких фазах газорозподілу і абсолютному тиску наддування більше 0,15 МПа.

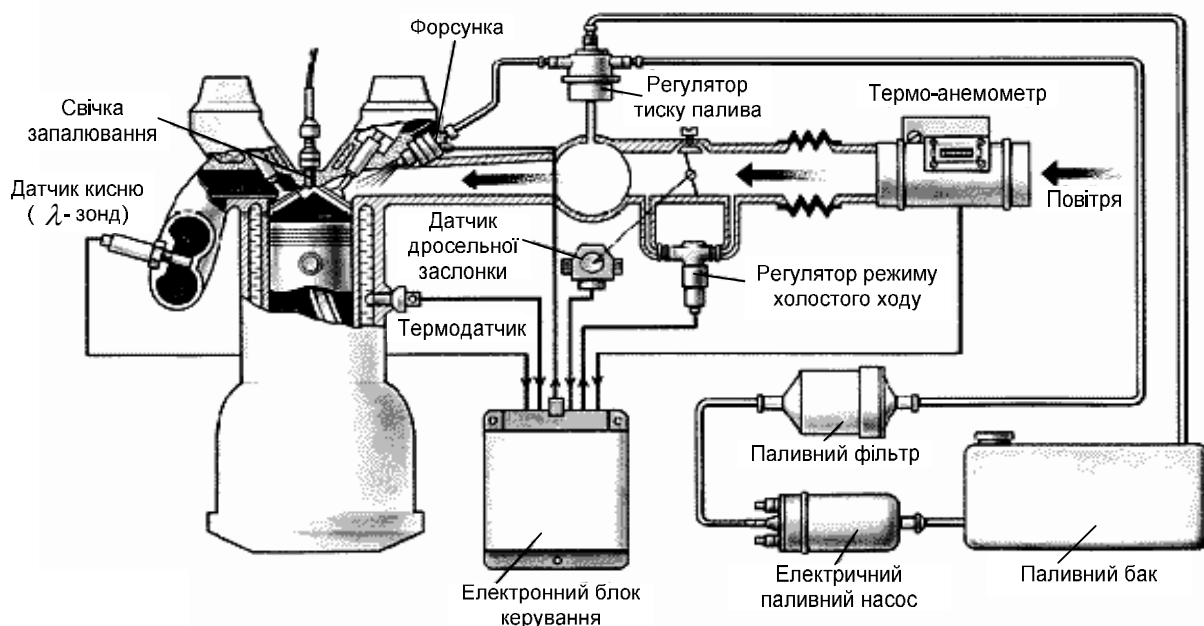


Рисунок 1.2 – Схема системи розподіленого впорскування

Розрізняють також системи безперервного (continuous injection system) та імпульсного (періодичного) впорскування (impulsive injection system). У системах безперервного впорскування форсунка працює постійно, змінюється лише її продуктивність, в імпульсних – впорскування палива проводиться порціями в певні моменти. Безперервне впорскування має багато недоліків і в наш час стосовно автомобільних двигунів його вважають застарілим.

Застосування розподіленого впорскування дає і інші переваги перед використанням карбюраторів. По-перше, це можливість забезпечення високої стабільності складу горючої суміші в широких межах температури і навантажень двигуна, причому практично незалежно від в'язкості палива (пропускна спроможність жиклерів карбюратора значною мірою залежить від в'язкості палива). По-друге, використання багатоточкового впорскування (особливо безпосереднього) дозволяє не тільки забезпечити рівномірний розподіл палива по циліндрах, але і виключити необхідність підігрівання всмоктуваного повітря і впускного колектора. Більше того, паливо, що випаровується, навпаки, охолоджує всмоктуване повітря і циліндри двигуна. В результаті щільність всмоктуваного повітря виявляється на 7...10% більшою (з тією ж метою – зниження температури повітря – навіть на дешевих автомобілях із впорскуванням прагнуть засмоктувати повітря не з моторного відсіку, де воно гаряче, а безпосередньо "з вулиці", передбачаючи для цього у разі потреби додаткові повітрозабірники (Opel "Cadet")).

Збільшення щільності повітря, а значить, кількості кисню, що поступає в циліндри, дозволяє спалювати більше палива і отримати більшу потужність. Пониження температури всмоктуваного повітря дозволяє підвищити ступінь стискування, що покращує економічність двигуна.

Виключення карбюратора зменшує опір всмоктуваному повітрю, даючи можливість використання резонансного впуску, що також сприяє підвищенню потужності. Наближення форсунки до циліндра в системах розподіленого впорскування запобігає випаданню конденсату палива. Це полегшує запуск двигуна, зменшує утворення нагару на свічках запалення і змивання мастила із стінок циліндрів.

Відсутність конденсації палива збільшує стійкість роботи і крутний момент двигуна, особливо на малих і середніх оборотах, де він найбільш потрібний. Якщо надбавка максимальної потужності при переведенні двигуна на впорскування палива зазвичай дорівнює приблизно 10%, то підвищення крутного моменту на малих і середніх оборотах може досягати 15...20%.

Звичайно, подібного підвищення ходових якостей автомобіля можна досягти і "напрямую", збільшивши робочий об'єм двигуна приблизно на 20...30%, проте при цьому буде гіршою економічність, збільшаться маса і габарити двигуна, а значить, і автомобіля в цілому, зростуть експлуатаційні витрати.

Використання систем розподіленого впорскування надає ще одну можливість зниження витрати палива – відключення подачі палива в частину циліндрів з тим, щоб більшою мірою завантажити останні. Доцільність такого рішення обумовлена тим, що при малому навантаженні ККД двигуна внутрішнього згорання різко знижується не тільки за рахунок механічних втрат, але і за рахунок не оптимальності робочого циклу. Зростання ККД навантажених циліндрів з надлишком компенсує механічні втрати у вимкнених циліндрах, тому економічність на малих навантаженнях вдається підвищити на 25...30%, особливо на багатоциліндрових двигунах.

Подібний прийом – почерговий пропуск циклів впорскування – також широко використовують на багатоциліндрових японських і американських автомобілях. Існує і ще одне застосування способу пропуску циклів – охолодження "відключених" циліндрів засмоктуванням повітрям, що дозволяє зберегти роботоздатність двигуна і дійхати до місця призначення навіть після повної втрати охолоджувальної рідини (двигун GMC North Star).

Застосування електроніки забезпечує оптимальне керування не тільки двигуном, але і ходовою частиною автомобіля. По-перше, це добре відомі антиблокувальні системи, що дозволяють в більшості випадків зберегти керованість машини при екстремому гальмуванні, одночасно забезпечуючи мінімально можливу довжину гальмівного шляху. По-друге, близьку до них функцію виконують антипробуксовні системи, які стали вельми актуальні у зв'язку з розповсюдженням передньопривідних автомобілів, у яких при буксуванні або блокуванні ведучих коліс втрачається керованість. Оскільки при розгоні автомобіля передні колеса розвантажуються (саме тому всі гоночні і престижні легкові автомобілі, які повинні мати хорошу розгінну динаміку, до теперішнього часу проектують з приводом або на задні ("Daimler-benz", "BMW"), або на всі колеса ("Audi A8"), для виключення втрати керованості і запобігання надмірному зносу шин вельми бажана наявність на передньопривідному автомобілі разом з антиблокувальною і антипробуксовною системами.

За допомогою електронних пристроїв згладжується також антагонізм між коробками передач з автоматичним і ручним перемиканням. Нагадаємо, що класична автоматична коробка для забезпечення плавності перемикання потребує застосування дорогого у виготовленні і громіздкого гідротрансформатора, що має до того ж великі механічні втрати (низький ККД). Коробка ж передач з ручним перемиканням конструктивно набагато простіше, компактніша, дешевша і надійніша. Однак вона менш зручна в експлуатації.

Комплексна система управління двигуном і трансмісією автоматизує процес перемикання передач без використання гідротрансформаторів і додаткових муфт зчеплення – шляхом автоматичного керування зчепленням і частотою обертання двигуна, зберігаючи при цьому всі

експлуатаційні переваги як автоматичних (зручність), так і ручних коробок (надійність, дешевизна, малі втрати енергії). Крім того, електронне керування практично виключає ризик поломки через неправильні дії.

Така трансмісія за собівартістю виготовлення не відрізняється від трансмісії з ручним керуванням, а функції керування нею, як правило, інтегрують до складу об'єднаної системи керування двигуном і трансмісією. Алгоритми перемикання передач останнім часом часто будують такими, що адаптуються до стилю їзди конкретного власника, не говорячи вже про те, що завжди передбачено на вибір декілька стандартних режимів (швидкісний, міський, економічний і т. п.).

Не менш важливу роль в сучасному автомобілі відіграють електронні системи підвищення безпеки, яку прийнято підрозділяти на активну (запобігання аваріям) і пасивну (зменшення тяжкості їх наслідків). Що стосується активної безпеки, то її забезпечують поліпшенням розгінної і гальмівної динаміки автомобіля, а також підвищенням стійкості на поворотах максимальним збільшенням ширини колії і пониженням центра тяжіння (це добре помітно, якщо порівняти силует автомобілів схожого класу, як, наприклад, ВАЗ-2108 і Volkswagen "Golf III" або "Golf IV") у поєднанні з електронною системою керування підвіскою.

На дорогах автомобілях іноді застосовують систему радіолокації запобігання лобовим зіткненням і наїздам (підтримка дистанції), проте від колоди або ями в асфальті вона не рятує. Для зменшення вірогідності наїздів використовують верхні (салонові) гальмівні вогні, видимі на великій відстані. Цього виявилось мало, і тоді була розроблена система з приймально-передавальним радіоканалом, що автоматично включає індикатор при екстремому гальмуванні або аварії машини, що їде попереду. В наш час ця система, що отримала золоту медаль виставки винаходів в Брюсселі, проходить доопрацювання з подальшою стандартизацією в більшості розвинених країн.

Розгінну динаміку покращують, насамперед, впровадженням систем електронного впорскування палива і керування трансмісією (мікропроцесор може перемикати передачі набагато швидше і точніше, ніж людина; як наслідок, розгін автомобіля прискорюється), а на передньопривідних автомобілях – ще і вдосконаленням складу гуми і рисунка протектора коліс; гальмівну динаміку – застосуванням антиблокувальних систем, що запобігають надмірному проковзуванню коліс відносно дороги, що дозволяє отримати максимально можливе гальмівне зусилля і в більшості випадків зберегти керуваність автомобіля навіть при екстремому гальмуванні.

Певний внесок в підвищення активної безпеки (active safety) вносить рульове сервокерування із змінними коефіцієнтом передачі і реакцією керма – для забезпечення рівного повороту коліс на високій швидкості потрібний більший кут повороту керма, ніж на малій. Іноді додатково вводять пристрій, що запобігає зриву коліс бічним зусиллям. Це практично

виключає ризик заносу при різкому повороті на великій швидкості. Всі ці переваги, правда, зберігаються лише до тих пір, поки сервосистема справно працює.

Пасивну безпеку (passive safety) підвищують як конструктивними заходами (збільшенням ходу деформації м'яких частин кузова при одночасному зміцненні салону, заміною звичайного керма травмобезпечним), так і впровадженням електронних пристроїв, що приводять в дію подушки безпеки і механізм натягнення ременів. До речі, широке впровадження електроніки в автомобілі в США почалося саме після того, як на рубежі 60-х і 70-х років конгрес прийняв закон про обов'язкове встановлення систем, які блокують запуск двигуна до тих пір, поки не будуть зафіксовані прив'язні ремені на двох передніх сидіннях.

В наш час, як правило, використовують комплексну систему керування ременями і подушками безпеки. Датчиком в ній служить одноосний (або двоосний при використанні і бічних подушок) акселерометр, найчастіше напівпровідниковий (рис. 1.3), блок керування з пороговими пристроями і набір піропатронів, частина з яких при спрацьовуванні діє на крильчатки, що підтягують ремені (рис. 1.4), а частина - наповнює подушки безпеки. Включення піропатронів механізму підтяжки ременів зазвичай налаштоване дещо раніше, ніж момент спрацьовування подушок безпеки.

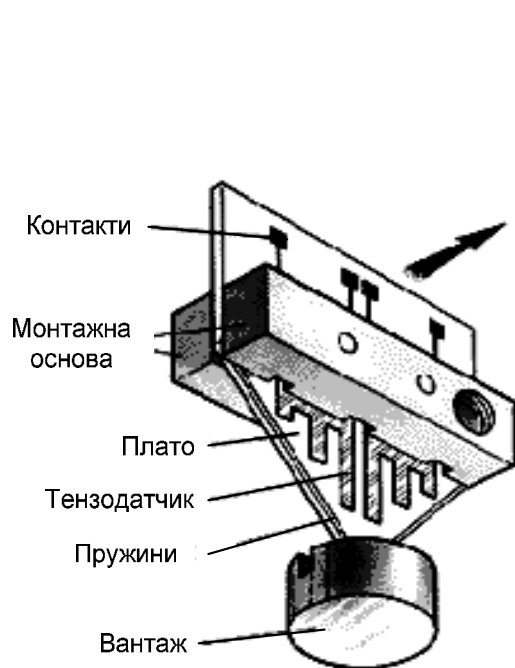


Рисунок 1.3 – Напівпровідниковий акселерометр



Рисунок 1.4 – Блок керування з пороговими пристроями і піропатронами

Робота цієї системи дозволяє відбутися переляком, подряпинами або синяками при лобовому зіткненні з нерухомою перешкодою на швидкості 50 км/год (стандарт ЄЕС), а іноді і більшій – аж до 80 км/год. При

швидкості вище 80 км/год прискорення, що випробовується людиною у момент гасіння енергії руху на шляху, близько $0,7 \dots 1,6 \text{ м}^2$ (типове значення ходу деформації кузова і подушок сучасних автомобілів) стає таке велике, що він виявляється роздавленим власною масою навіть за відсутності зовнішніх пошкоджень.

Кажучи про електронні системи підвищення безпеки, варто згадати також про нескладний, але вельми корисний пристрій контролю справності сигнальних ламп і проводки. Принцип його дії полягає в тому, що через лампи і проводку при включеному запаленні пропускають невеликий струм, що не викликає свічення ламп, але дозволяє діагностувати замикання, обрив проводки і стан лампи – в кінці терміну служби опір нитки накаливання дещо зростає, що завчасно служить попередженням водієві.

Останнім часом певну популярність, принаймні на автомобілях класу вище середнього, почало набувати використання електронного керування параметрами підвіски – жорсткістю і коефіцієнтом демпфування амортизаторів, зміною дорожнього просвіту. Таку підвіску часто називають активною, хоча насправді мова йде тільки про порівняно повільну адаптацію параметрів підвіски під дорожні умови, тобто правильніше вважати її адаптивною або напівактивною. Істинно активна система підвіски, строго кажучи, повинна за допомогою потужної сервосистеми відстежувати кожну вибоїну і гасити поштовхи в момент їх виникнення, як це відбувається на комфортабельних судах і багатьох військових кораблях ("заспокоювачі" хитання).

Світовий лідер "підвіскобудування" - фірма Citroen, давно і успішно застосовує найбільш досконалий – гідропневматичний (hydropneumatic suspension) – підвіски у поєднанні з електронним керуванням їх параметрами. Серед японських фірм лідирує Mitsubishi. Американці, маючи прекрасні дороги і 55-мильне обмеження швидкості в більшості штатів, віддають перевагу більш традиційним рішенням – збільшені габарити і, значить, момент інерції корпусу автомобілів у поєднанні з колесами великого діаметра і м'якими підвісками. В них електронні системи зазвичай керують тільки коефіцієнтом демпфування.

Застосування електронних пристроїв дозволило також удосконалити ряд традиційних пристроїв, насамперед, електроприводи (склоочисника, склопідіймачів, регулювання положення крісел і т. п.), освітлювальні і сигнальні прилади. Традиційно в автомобільній техніці використовують колекторні електродвигуни (collector electric motor), яким властиві три основні недоліки – обмежений термін служби, недостатня надійність (схильність до застрягання) і створення радіоперешкод. Ці недоліки обумовлені застосуванням контактів, що труться, в колекторі. Розвиток електроніки привів до того, що безконтактні (без щіткові - brushless) двигуни (brushless electric motor) стали конкурентоздатні за ціною з

традиційними, перевершуючи їх за надійністю, технологічністю виробництва і можливостями регулювання.

Широкі можливості регулювання дозволяють спростити кінематику ряду пристроїв, наприклад склоочисника, де замість механічного реверсування може бути застосовано електричне. Тому в наш час практично всі ведучі автомобілебудівні фірми поступово замінюють в своїх автомобілях колекторні двигуни на безконтактні, такі, які мають ще і ту перевагу, що їх блоки управління можуть мати інтерфейс для безпосереднього керування від мікропроцесора.

Що стосується освітлювальних приладів, то впровадження популярних металогалідних газорозрядних ламп було б просто неможливе без використання електронних вузлів управління ними. Головними перевагами металогалідних ламп в порівнянні з лампами розжарювання є істотно менші розміри світлової області, що дозволяє зменшити розміри рефлекторів фар із збереженням якості фокусування світла, добитися кращого ККД (більшої світлової віддачі при рівній споживаній потужності), стабільної спектральної характеристики і характеристики яскравості незалежно від ступеня розрядження акумулятора, а також довговічності.

Ще однією електронною системою, що підвищує безпеку руху, є коректор положення фар, що забезпечує незалежно від завантаження і положення кузова постійне освітлення дороги при русі по нерівних або звивистих дорогах, в останньому випадку він відстежує поворот рульового колеса. Окрім цього, коректор зменшує сліпучу дію фар на водіїв зустрічних машин.

Сигнальні вогні на багатьох автомобілях останнім часом виконують на основі блоків надяскравих світлодіодів. Вони економічніші, компактніші і надійніші за традиційні лампи розжарювання, особливо в режимі мигання, забезпечують велику яскравість свічення і чистіші кольори (краще помітні вдень). Яскравість свічення світлодіодів простіше змінювати залежно від зовнішньої освітленості.

Звукові сигнали також не залишаються без уваги – на зміну традиційним контактним електромагнітним гудкам приходять безконтактні електродинамічні і п'єзоелектричні з відповідними електронними підсилювачами і вузлами керування.

Поява процесорів цифрової обробки сигналів і поступове зниження цін на ці прилади привела до створення систем активного приглушення низькочастотного шуму в салоні автомобіля. Суть ідеї полягає в подачі в салон через гучномовці вбудованої аудіосистеми сигналів, протифазних шумовим. При цьому шумові сигнали взаємно компенсуються.

На практиці через хвильові властивості звуку потрібний ефект вдається отримати тільки на частоті нижче 200...300 Гц, і зниження шуму не перевищує 8...15 дБ. Здавалося б, небагато, але, враховуючи, що боротьба з низькочастотним шумом іншими способами малоефективна,

подібна електронна система (electronic system) дозволяє заощадити 10...25 кг звукопоглинача Dynamat або іншого матеріалу, зовсім не дешевого.

Широке впровадження електронного керування при традиційному підході приводить до різкого ускладнення електропроводки, а отже, збільшення трудомісткості її прокладки і вірогідності помилок при обслуговуванні в процесі експлуатації. Велика кількість проводів загрожувала перетворити автомобіль на "електрошафу" на колесах. У пошуках вирішення цієї проблеми автомобілебудівники звернулися до досвіду авіації: у свій час маса електрокабелів досягала там 30% ваги електроустаткування літаків і мала тенденцію до подальшого збільшення.

Проблему вдалося вирішити шляхом впровадження систем вигляду "загальна лінія з послідовною передачею", коли більшість електронних пристроїв з'єднують між собою паралельно за допомогою загального трипроводного інтерфейсу, а обмін інформацією між ними відбувається по одних і тих же проводах, але рознесений в часі, точно так, як і це відбувається в комп'ютерних мережах Ethernet.

Аналогічні рішення під назвою мультіплексної проводки на початку 90-х років почали використовувати і в автомобільній промисловості. Спочатку була "війна стандартів", в числі яких фігурували J1850 (SAE), CAN (Controller Area Network), Carlink, VAN, A-bus і ін. До теперішнього часу найбільше визнання отримав стандарт CAN, спільно розроблений фірмами Bosch і Motorola. Він забезпечує швидкість передачі до 1 Мбіт/с і дозволяє використовувати для передачі інформації як мідні дроти, так і оптоволокну.

Таким чином, автомобільна електроніка охоплює комплексний науково-технічний напрямок, пов'язаний із проектуванням, виробництвом і експлуатацією автомобільних електронних систем. Саме ж використання електронних систем зовсім не перетворює автомобіль в інтелектуального робота. Головним як і раніше залишається водій, який зобов'язаний критично осмислювати дорожню ситуацію і реальні можливості своєї машини.

2 ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ ЯК КІБЕРНЕТИЧНІ СИСТЕМИ

2.1 Кібернетичні системи керування

На сучасному етапі розвитку науки і техніки спостерігається тенденція глобальної математизації та кібернетизації знань, широке впровадження логіко-математичних і наочних моделей. Моделювання в технічній експлуатації та діагностиці транспортних машин порівняно нова і достатньо складна проблема.

Технічна діагностика (technical diagnostics) розглядає будь-який об'єкт як потенційне джерело несправностей (відмов), які повинні бути виявлені і локалізовані. Основним виходом процесу діагностики є інформація про характер і місце несправності. При діагностиці розглядаються абстрактні моделі на основі емпіричних досліджень конкретних технічних систем. Кібернетичне (функціональне, інформаційне) моделювання відмов приводить до значних практичних результатів. Воно може дати такі рекомендації, які важко або неможливо отримати в реальних умовах експерименту.

Найважливіша роль в розвитку методів і засобів діагностики машин належить технічній кібернетиці. Технічна кібернетика, як наука про керування, передачу і переробку інформації вивчає технічні і нетехнічні системи керування і широко застосовується в багатьох областях людської діяльності, в розробці засобів автоматизації виробничих процесів та інформаційної техніки. Важливою її складовою частиною є теорія автоматичного керування. Подальшим етапом розвитку автоматики і кібернетики є створення спеціальних програмних маніпуляторів і роботів.

У кібернетиці розглядаються машини і механізми не з погляду їх конструкції, а з погляду об'єктів управління і послідовності впливу один на одного певних фізичних параметрів. Кібернетика інтерпретує роботу об'єкта (системи) з інформаційної точки зору, глибоко, не вникаючи в суть реальних фізичних явищ, вона розглядає тільки інформацію, що переноситься вхідними і вихідними сигналами, і встановлює залежність вихідної величини від вхідної. Кібернетика вивчає не речі, а способи їх поведінки. Вона прагне отримати відповідь не на питання "що це таке?", а "що воно робить?". Тому технічна кібернетика по суті функціональна і біхевіористична.

Послідовність передачі керуючих дій через окремі блоки (елементи) можна назвати лінією керування. У кожному елементі відбуваються певні перетворення вхідних параметрів у вихідні. Такі кібернетичні об'єкти прийнято називати чорними ящиками (black box). Впорядкована сукупність елементів утворює кібернетичну систему. Сукупність і характер зв'язків між окремими елементами системи називається структурою. Під інформацією розуміється цілеспрямоване повідомлення про зміну будь-якого фізичного параметра.

Всяка керована система (controlled system) (рис. 2.1), як правило, складається з декількох керованих об'єктів. На транспорті керованою системою може бути завод або цех, станція технічного обслуговування з цехами і постами, контрольно-діагностичний комплекс, автомобіль, двигун, підвіска і так далі. Засоби, що забезпечують виконання керованою системою певної мети, називаються керуючою системою (directing system).

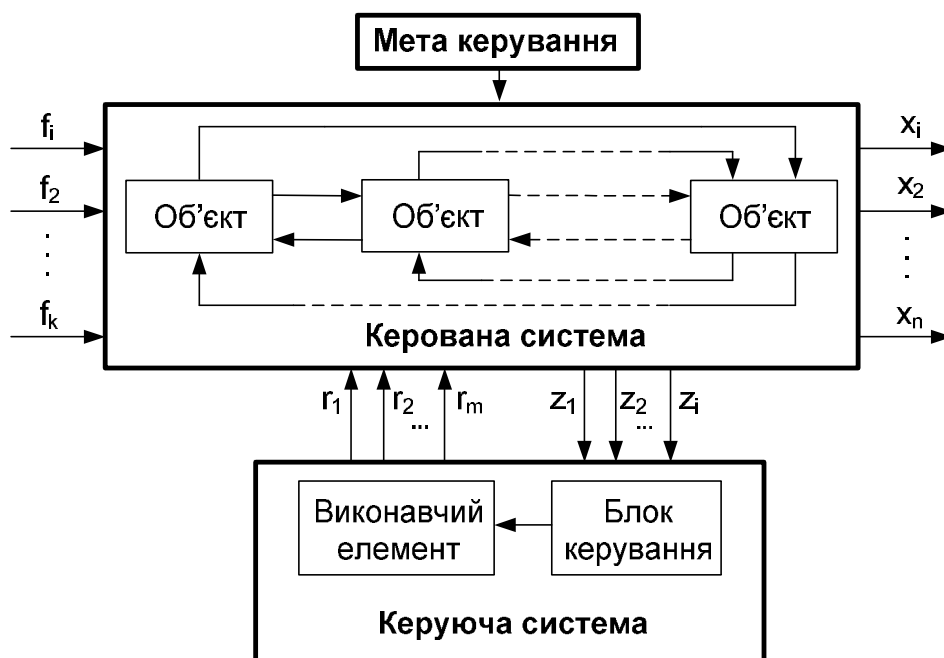


Рисунок 2.1 – Схема системи керування

Взаємодіючі керована і керуюча системи утворюють систему керування (control system), що характеризується різними групами змінних: збурюючими діями навколишнього середовища $f_1(t) \dots f_k(t)$, змінними стану $x_1(t) \dots x_n(t)$, керуючими змінними $r_1(t) \dots r_m(t)$ і спостережуваними змінними $z_1(t) \dots z_i(t)$. В даний момент часу стан керованої системи визначатиметься функцією початкового стану $\bar{x}(t_0)$ і векторів $\bar{r}(t_0)$ та $\bar{f}(t_0)$.

У найзагальнішому вигляді рівняння математичної моделі керованої системи може бути записане таким чином:

$$\bar{x}(t_0) = \bar{X} \{ \bar{x}(t, t_0); \bar{r}(t, t_0); \bar{f}(t, t_0) \}.$$

Якщо мета керування визначається екстремумом (показником) деякого функціонала $E = E \{ \bar{x}(t); \bar{r}(t); \bar{f}(t) \}$, то розв'язання рівняння полягає в тому, щоб визначити вектор керування $\bar{r}(t)$ при умові, що

$$E = E \{ \bar{x}(t); \bar{r}(t); \bar{f}(t) \} = \max.$$

Існують кібернетичні системи з різними типами керування. Системи з програмним керуванням мають командний пристрій, що працює за заданою програмою (наприклад, реле часу, яке вмикає або вимикає освітлення). Слідкувальні системи керуються певною зміною будь-яких фізичних параметрів (наприклад, включення електричного освітлення при зміні освітленості). У системах автоматичного керування із зворотним зв'язком фізичний керуючий параметр з'являється в процесі функціонування пристрою (наприклад, двигун автомобіля заводиться тоді, коли закриті всі двері).

У системах з цифровим керуванням програма задається у вигляді чисел. Системи можуть бути розімкненими і замкнутими (табл. 2.1, 2.2). У перспективі при технічній експлуатації транспортних машин набудуть широкого поширення діагностичні і комп'ютерні моніторинги. Головна перевага цих систем полягає в тому, що обробка інформації відбувається в реальному часі (практично миттєво з'являється на дисплеї).

Таблиця 2.1 – Автомобільні системи керування по замкнутому контуру (приклади)

Керуюча система із замкнутим контуром	Змінні					Елементи		
	Побічно керована змінна	Безпосередньо керована змінна	Контрольна змінна	Керована діюча змінна	Збурення	Керуюча система	Кінцевий елемент керування	Керована система
Лямбда-керування із зворотним зв'язком	Склад робочої паливної суміші λ	Вміст O_2 у відпрацьованих газах	$\lambda = 1,0$ фіксована команда керування	Кількість впорскуваного палива	Неточності сигналу керування, витоки, вентиляція картера	Лямбда-блок керування і λ -зонд	Форсунки	Камера згорання, частина впускної системи і системи випуску відпрацьованих газів аж до λ -зонда
Керування частотою обертання в дизелях	Частота обертання колінчатого валу двигуна	Частота обертання колінчатого валу двигуна	Задана частота (керування навантаженням)	Кількість впорскуваного палива	Навантаження	Регулятор	Насос впорскування палива	Зона формування суміші в двигуні
Антиблокувальна гальмова система (АБС)	Проковзування коліс	Проковзування коліс	Норматив проковзування коліс	Гальмівне зусилля	Дорожні умови	Блок керування АБС	Клапан, що регулює тиск	Зона контакту шини з дорогою
Контроль температури (у кабіні)	Температура в кабіні	Кабіна, вихід опалювача і температура зовнішнього повітря	Задана температура (контроль за додатковим повідомленням)	Витрата гарячої води або співвідношення теплого і холодного повітря, суміші	Температура двигуна, температура зовнішнього повітря, випадкове тепло, швидкість руху	Регулятор температури, датчик температури	Електромагнітний клапан опалювача або повітряна засувка	Кабіна

Таблиця 2.2 – Системи керування з відкритими контурами, які застосовуються для керування двигуном (приклади)

Система з відкритим контуром	Змінні					Елементи		
	Побічно регульована змінна	Конт- рольна змінна	Вхідні змінні системи регулювання	Збурення	Керована діюча змінна	Керуюча система	Кінцевий елемент керування	Керована система
Система впорскування палива Jetronic	Склад горючої суміші	Задана якість горючої суміші	Частота обертання колінчастого вала, температура двигуна, напруга акумулятора, маса і температура повітря, дросельна заслінка	Температура палива, його конденсація на стінках впускного трубопроводу	Тривалість впорскування палива	Пристрій керування Jetronic різними датчиками	Форсунки	Зона формування суміші
Електронні системи запалення	Момент запалення	Заданий момент запалення	Частота обертання колінчастого вала, положення колінчастого вала, тиск у впускно-му трубопроводі, положення дроселя, температура двигуна, напруга акумулятора	Стан свічки запалення, якість горючої суміші, якість палива, механічні допуски	Момент запалення	Блок керування запаленням і система запуску	Вихідний каскад запалення	Камера згорання двигуна

До важливих напрямів використання комп'ютерної техніки можна віднести створення приладів і пристроїв, що "рекомендують" водієві оптимальні режими руху з урахуванням заданих критеріїв ефективності (наприклад, за мінімумом витрати палива), створення бортових систем контролю і діагностування, комп'ютеризацію діагностичних засобів і ін. Бортний комп'ютер може контролювати і автоматично координувати роботу різних агрегатів, механізмів і систем автомобілів.

2.2 Методи вивчення об'єктів кібернетичних систем

В технічній кібернетиці складність математичного апарату, як правило, вища, ніж в теорії автоматичного регулювання і управління, хоча загалом математичний апарат відіграє допоміжну роль. Розробка робочих

систем і алгоритмів часто буває набагато складнішою за розробку математичного методу.

Основними об'єктами досліджень в технічній кібернетиці є кібернетичні системи. До них можна віднести різні автоматичні регулятори в техніці (регулятори тиску і температури), діагностичне устаткування, яке використовується в техніці і медицині, автомати, ЕОМ і т.д. Кібернетичні системи поділяються на безперервні і дискретні. Для їх вивчення застосовується різний математичний апарат. Для безперервних систем (автомобіль та інші машини) основним математичним апаратом є звичайні диференціальні рівняння, варіаційне числення, теорія графів, теорія вірогідності, теорія нечітких множин, програмування; для дискретних (ЕОМ і мікропроцесори) – теорія алгоритмів і теорія автоматів. Загальним математичним апаратом є теорія інформації.

Складність кібернетичних систем визначається розмірністю системи (число параметрів, що характеризують стан всіх її елементів) і складністю структури (загальне число зв'язків між її елементами і їх різноманітністю). Складні кібернетичні системи можуть накопичувати інформацію і залежно від її об'єму змінювати виконувані ними дії.

Простим видом керування можна вважати програмне керування, в якому відсутній зворотний зв'язок. Простим перетворювачем інформації може служити електричний дзвінок. При натисненні на кнопку (рецептор) включається звуковий або світловий сигнал. Іншим прикладом може служити, наприклад, світлофор – автомат, що перемикається в задані моменти часу. Складніше керування здійснюється за наявності лічильників автомобілів, що під'їжджають, коли число автомобілів досягне заданої величини, включається пороговий сигнал.

Простим видом керування є класичне авторегулювання, при якому підтримується постійне значення будь-якого параметра (наприклад, температури повітря в салоні автомобіля). При цьому датчик температури реєструє температуру T , а керуюча система порівнює цю температуру із заданою величиною (пороговою температурою T_0) і формує керуючу дію на заслінку, яка регулює надходження теплої води в спеціальний обігрівачий пристрій. Робота такого регулятора або керуюча дія на заслінку може бути описана диференціальним рівнянням 1-го порядку: $dT/dt = -k(T - T_0)$. Розв'язок цього рівняння буде таким: $T = T_0 + \delta e^{-kt}$, де δ – відхилення температури T від заданої величини T_0 в початковий момент часу.

У системах оптимізаційного керування основною метою є підтримка максимального або мінімального значення деякої функції. Такі системи керування набули широкого поширення в задачах керування економікою.

При вивченні об'єктів кібернетичних систем використовуються три методи: математико-аналітичний, експериментальний і метод математичного моделювання (математико-машинний експеримент). У

останньому випадку експерименти проводяться не на реальній фізичній моделі об'єкта, що вивчається, а з його математичним описом.

В технічній кібернетиці здійснюються аналіз і синтез кібернетичних систем, визначаються параметри і структура керованих пристроїв. Розрахунок і проектування конкретних виробів, вибір енергетичних і конструктивних характеристик реальних систем не розглядаються. Це не є обов'язковою частиною теорії технічних систем.

На окремих видах транспорту набули широкого поширення різні системи керування і зв'язку. Наприклад, в авіації успішно функціонують системи керування польотами і системами навігації, на залізницях діють автоматизовані системи керування продажем і бронюванням місць на потяги дальнього проходження "Експрес-2" і "Експрес-УЗ", комплексна система електронного обміну даними в організації процесу вантажних перевезень і ін.

Сучасні транспортні машини являють собою раціональне поєднання механічних і гідро-пневмосистем з електронікою. У зарубіжній літературі [5] з'явилися нові терміни - мехатроніка (mechatronics) (від слів механіка і електроніка) і автоніка (автомобільна електроніка).

Мехатроніка – галузь, яка об'єднує механічні, електронні і інформаційні технології. Мехатронні системи набувають все більшого значення (особливо для автомобілів і промислових технологій), оскільки мають комплексне структурне керування. Приклади: керування роботою двигуна з іскровим запаленням і дизеля, системами ABS і ASR, підвісками, системами рульового керування, верстатами з ЧПК і промисловими роботами. Механічні компоненти цих систем часто мають нелінійні характеристики і широку смугу пропускання.

Синергетичний, міждисциплінарний підхід (рис. 2.2) найбільш важливий при розробці мехатронних систем, де вирішальну роль відіграють засоби програмного забезпечення. Класичний аналіз і процеси проектування технологій доповнюються і частково замінюються моделюванням в реальному часі для визначення і оптимізації параметрів системи з реальними компонентами (апаратна реалізація).

Мета технології мікросистем - мініатюризація мехатронних систем засобами мікроелектроніки і мікромеханіки.

Автомобіль без електронних систем (ЕС) стає неконкурентоздатним і архаїчним. Основні техніко-економічні якості транспортних машин (паливна економічність, токсичність, безпека руху, контролепридатність, прохідність, комфортабельність, легкість керування і ін.) не можуть бути підвищені без впровадження сучасних ЕС. Електронні системи у вигляді електронних блоків керування (electronic control unit (ECU)) дозволяють поліпшити керування роботою основних агрегатів; забезпечити прийом, передачу і зберігання необхідної інформації; здійснювати оптимальне керування рухом автомобілів.

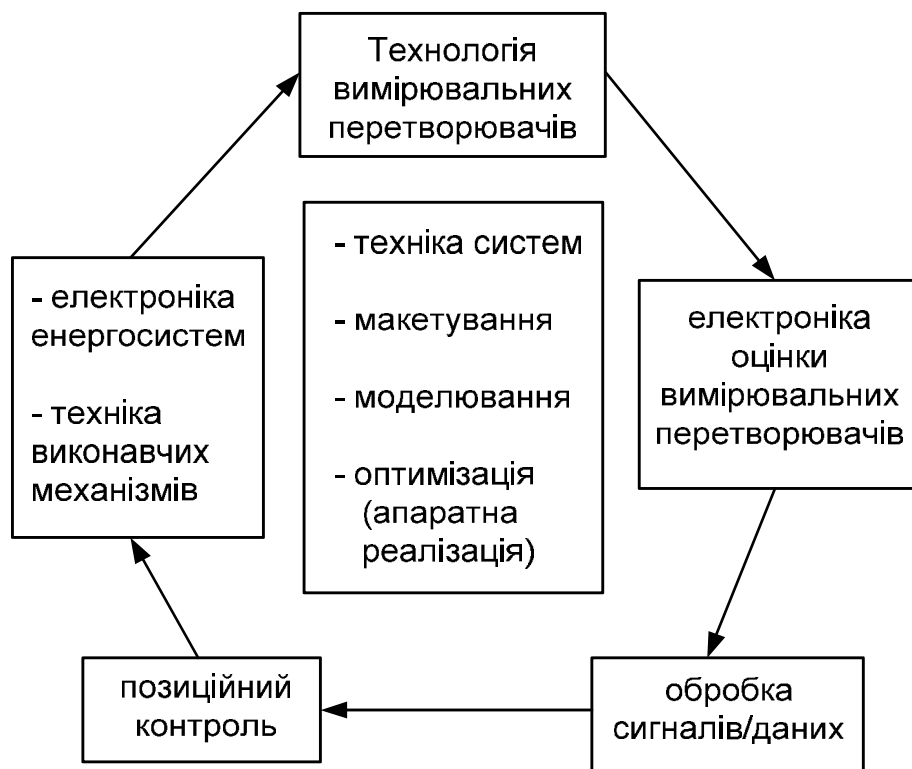


Рисунок 2.2 – Взаємозв'язки в мехатроніці

Екстрасучасні "думаючі" автомобілі з повною підставою можна вважати роботами, які частково або повністю виконують функції людини при взаємодії з навколишнім середовищем. Вони поділяються на три види: з жорсткою програмою дій, керовані людиною-оператором; з штучним інтелектом (інтегральні); що діють цілеспрямовано (розумно) без втручання людини. Допускається робота людини спільно з роботом зі штучним інтелектом (у так званому супервізерному режимі). Роботи складаються з 3-х блоків: блок сприйняття, блок виконавчого механізму і блок керування (рис. 2.3 [2]). З наведеної схеми видно, що людина включена в контур керування робота. На автомобілях є блоки керування окремими агрегатами, блоки сприйняття у вигляді радарів, відеокамер (моніторів), протипожежних сенсорів (sensor), система штурманського запису і ін. Блок виконавчих механізмів включає "автопілот", систему автоматичного гальмування, систему "SOS" для екстреної зупинки автомобілів, систему пожежогасіння і ін. В осяжному майбутньому із автоматизацією і електронізацією автомобілі стануть складними кібернетичними системами – роботами, здатними частково або повністю виконувати функції людини при взаємодії з навколишнім середовищем.

Об'єднання функцій людини і автомата здійснюється в кіборгах ("кібернетичні організми") (cybernetic organism), в яких можливий симбіоз інтелектуальних і фізичних дій людини та технічних засобів автоматики. Кіборги особливо ефективні там, де людині важко управляти даним об'єктом.

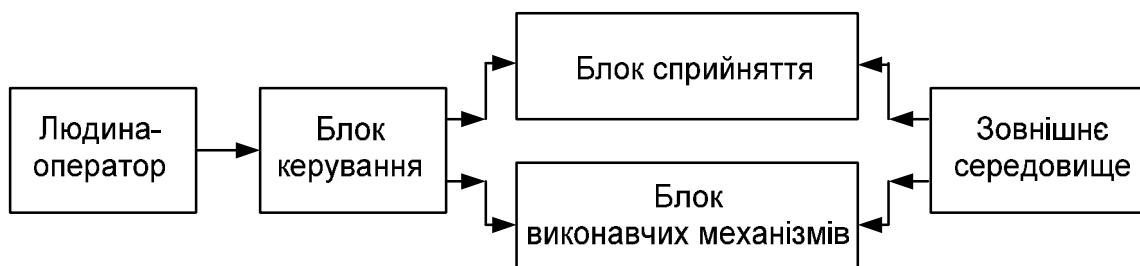


Рисунок 2.3 – Блок-схема робота

2.3 Автомобільні датчики

Сучасні електронні системи автоматичного керування (ЕСАК) автомобільними бортовими пристроями, мають схожу структуру. Різні датчики ЕСАК перетворюють інформацію про значення контрольованих неелектричних параметрів в електричний сигнал – напругу, струм, частоту, фазу і т.д. Ці сигнали перетворюються в цифровий код і поступають в мікроконтролер. Мікроконтролер на підставі значень цих сигналів і відповідно до закладеного в нього програмного забезпечення приймає рішення, керує через виконавчі механізми (реле, соленоїди, електродвигуни) об'єктом.

Можливість вдосконалення автомобільних електронних систем насамперед залежить від наявності надійних, точних і недорогих датчиків.

У 60-х роках автомобілі були обладнані датчиками тиску мастила, рівня палива, температури охолоджувальної рідини. Їх виходи були підключені до стрілкових або лампових індикаторів на щитку приладів.

У 70-х роках автомобільні компанії почали боротися за зменшення кількості токсичних викидів з глушника автомобіля – стали необхідними додаткові датчики для керування силовою установкою і забезпечення нормальної роботи електронного запалення, системи впорскування палива, трикомпонентного нейтралізатора, для точного задання співвідношення повітря-паливо в робочій суміші, для мінімізації токсичності вихлопних газів.

У 80-х роках почали приділяти більше уваги безпеці водія і пасажирів – з'явилися антиблокувальна система гальмування (АБС) і повітряні подушки безпеки.

В силовому агрегаті датчики використовуються для вимірювання температури і тиску більшості змінних середовищ (температура всмоктуваного повітря, абсолютний тиск у впускному колекторі, тиск мастила, температура охолоджувальної рідини, тиск палива у системі впорскування).

Майже до всіх рухомих частин автомобіля підключені датчики швидкості або положення (швидкість автомобіля, положення дросельної заслінки, положення колінчастого вала, положення розподільного вала,

положення і швидкість обертання вала в коробці перемикання передач, положення клапана рециркуляції вихлопних газів).

Інші датчики визначають рівень детонації, навантаження двигуна, пропуски займання, вміст кисню у вихлопних газах.

У системі керування кліматом (клімат-контроль) використовуються різні датчики для визначення тиску і температури холодагента, температури повітря в салоні і за бортом.

Є датчики, які визначають положення сидінь.

Після появи АБС і активної підвіски стали потрібні датчики для визначення швидкості обертання коліс, висоти кузова відносно шасі, тиску в шинах. Датчики удару і акселерометри потрібні для правильного функціонування фронтальних і бічних повітряних подушок безпеки. Для переднього пасажирського сидіння за допомогою датчиків визначають наявність пасажирів, його вагу. Ця інформація використовується для оптимального надування подушки безпеки на передньому сидінні. Інші датчики використовуються для бічних і стельових повітряних подушок безпеки, а також спеціальних повітряних подушок для захисту шиї і голови.

На сучасних автомобілях ABS замінюються складнішими і ефективнішими системами керування стабільністю руху автомобіля. Виникає необхідність в нових датчиках. Розробляються і вже є датчики швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі, датчики для попередження зіткнень (наприклад радарні), датчики для визначення близькості інших автомобілів, датчики положення рульового колеса, бічного прискорення, швидкості обертання кожного колеса, крутного моменту на валу двигуна і т.д. Керування гальмівною системою автомобіля стає частиною більш загальної і ефективної системи електронного керування курсовою стійкістю і стабільністю руху.

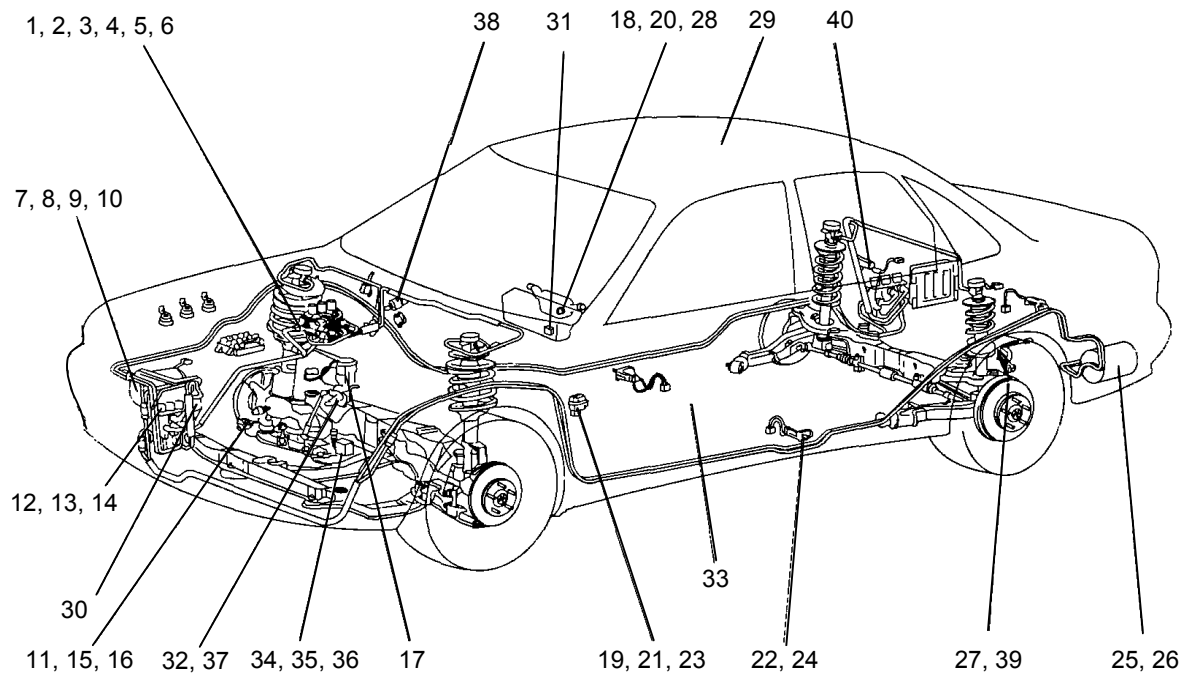
Із сказаного ясно, що сьогодні датчики встановлюються практично у всіх системах автомобіля. На рис. 2.4 показано найбільш раціональне розташування різних датчиків на автомобілі.

Датчики автомобільних електронних систем можна класифікувати за трьома ознаками: принципом дії, типом енергетичного перетворення і основним призначенням.

За принципом дії датчики підрозділяють на електроконтакти, потенціометричні, оптичні, оптоелектронні, електромагнітні, індуктивні, магніторезистивні, магнітострикційні, фото- і п'єзоелектричні, датчики на ефектах Холла, Доплера, Кармана, Гауса, Зеебека, Пельтьє, Томсона, Бенедікса.

Залежно від енергетичного перетворення (рис. 2.5) датчики (Д) (sensing element) бувають активними (поз. 2 на рис. 2.5), в яких вихідний електричний сигнал (ЕС) (electric signal) виникає як наслідок вхідного неелектричного впливу (НВ) без додавання сторонньої електричної енергії за рахунок внутрішнього фізичного ефекту (наприклад фотоефекту), і пасивними (поз. 3 на рис. 2.5), в яких електричний сигнал (ЕС) є наслідком

модуляції зовнішньої електричної енергії (ЗН) керуючим неелектричним впливом (НВ).



1 – датчик конфігурації впускного колектора з керованою геометрією, 2 – датчик тахометра, 3 – датчик положення розподільного вала, 4 – датчик навантаження двигуна, 5 – датчик положення колінчастого вала, 6 – датчик крутного моменту двигуна, 7 – датчик кількості мастила, 8 – датчик температури охолоджувальної рідини, 9 – датчик швидкості автомобіля, 10 – датчик тиску мастила, 11 – датчик рівня охолоджувальної рідини, 12 – радарний датчик системи гальмування, 13 – датчик атмосферного тиску, 14 – радарний датчик системи запобігання зіткненням, 15 – датчик швидкості обертання провідного вала коробки передач, 16 – датчик вибраної передачі в коробці передач, 17 – датчик тиску палива в рампі форсунок, 18 – датчик швидкості обертання керма, 19 – датчик положення педалі, 20 – датчик швидкості обертання автомобіля щодо вертикальної осі, 21 – датчик протиугінної системи, 22 – датчик положення сидіння, 23 – датчик прискорення при фронтальному зіткненні, 24 – датчик прискорення при бічному зіткненні, 25 – датчик тиску палива в баку, 26 – датчик рівня палива в баку, 27 – датчик висоти кузова відносно шасі, 28 – датчик кута повороту керма, 29 – датчик дощу або туману, 30 – датчик температури забортного повітря, 31 – датчик ваги пасажирів, 32 – датчик кисню, 33 – датчик наявності пасажирів в сидінні, 34 – датчик положення дросельної заслінки, 35 – датчик пропусків займання, 36 – датчик положення клапана рециркуляції вихлопних газів, 37 – датчик абсолютного тиску у впускному колекторі, 38 – датчик азимута, 39 – датчик швидкості обертання коліс, 40 – датчик тиску в шинах

Рисунок 2.4 – Розташування датчиків на автомобілі

Наприклад, датчик потенціометра, показаний на рис. 2.4 (поз. 5), є пасивним перетворювачем кута повороту осі потенціометра (чутливого елемента (ЧЕ)) в електричний сигнал. Електричний сигнал (ЕС) з'явиться на виході потенціометра тільки після того, як на резистивну доріжку буде подано зовнішню напругу (ЗН). Всередині датчика, за допомогою

чутливого елемента, завжди має місце внутрішнє перетворення зовнішнього неелектричного впливу (НВ) в проміжний неелектричний сигнал (НС), що показано на рис. 2.5 (поз. 1). Стосовно датчика кута повороту, кутове положення осі потенціометра є неелектричним сигналом на виході чутливого елемента. Цьому неелектричному сигналу відповідає вихідний електричний сигнал датчика, якщо подана на резистивну доріжку постійна зовнішня напруга (рис. 2.5, поз. 4). Лінійна характеристика перетворення (рис. 2.5, поз. 6) може бути легко змінена на квадратичну, ступінчасту і будь-яку нелінійну із заданою крутизною, що досягається підбором конструктивних розмірів (довжини, ширини, товщини) різнотипної доріжки.

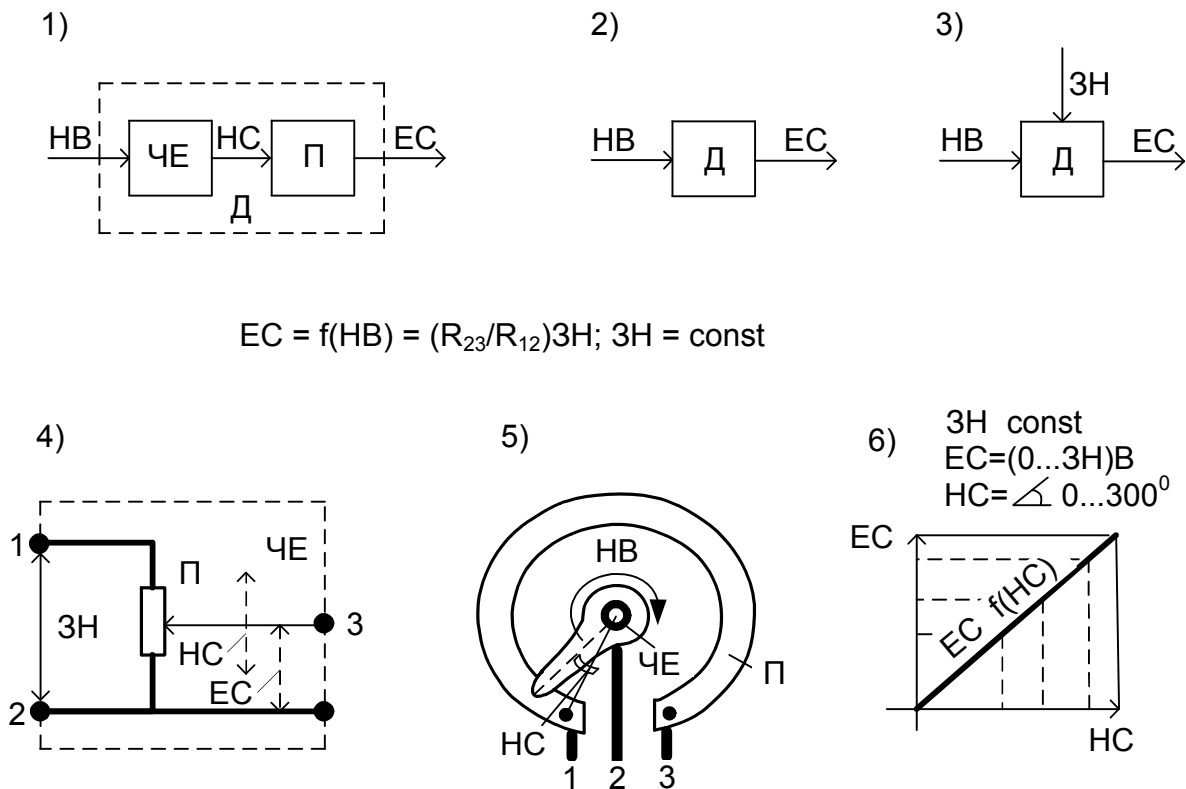


Рисунок 2.5 – Моделі датчиків ЕСАК

З наведеного прикладу ясно, що будь-який датчик завжди складається, як мінімум, з двох частин – з чутливого елемента, здатного сприймати вхідний неелектричний вплив, і з перетворювача (П) проміжного неелектричного сигналу від чутливого елемента у вихідний електричний сигнал.

За призначенням датчики класифікуються за типом керівного неелектричного впливу: датчики краєвих положень, датчики кутових і лінійних переміщень, датчики частоти обертання і числа оборотів, датчики відносного або фіксованого положення, датчики механічної дії, датчики тиску, датчики температури, датчики вологості, датчики концентрації кисню, датчик радіації і ін.

Датчики підключаються до електронного блока керування (ECU) або засобів індикації для передачі інформації про параметри контрольованого середовища. В автомобільних системах ціна і надійність мають величезне значення і за інших рівних умов завжди вибирають датчик з найменшим числом з'єднувачів. Якщо до датчика потрібно підключити 5-6 проводів, доцільно розмістити мікросхему обробки сигналу безпосередньо на датчику і передавати дані контролеру через послідовний інтерфейс.

При підключенні датчиків до ECU слід мати на увазі, що шасі (маса) автомобіля не може бути використана як вимірювальна земля. Між точкою підключення ECU до маси і датчиком напруга може спадати до 1 В за рахунок струмів силових елементів по масі, що неприпустимо як при штатній роботі датчика, так і при його діагностуванні.

Переважна більшість датчиків з числа вище перерахованих вже достатньо широко використовується на сучасних автомобілях (рис. 2.6). Їх будова, робота і принципи діагностування детально описані в [5, 18]. Але є і такі, які з'явилися відносно недавно і знаходяться на стадії впровадження в новітні автомобільні системи. Опису саме таких датчиків приділена найбільша увага в даному розділі.

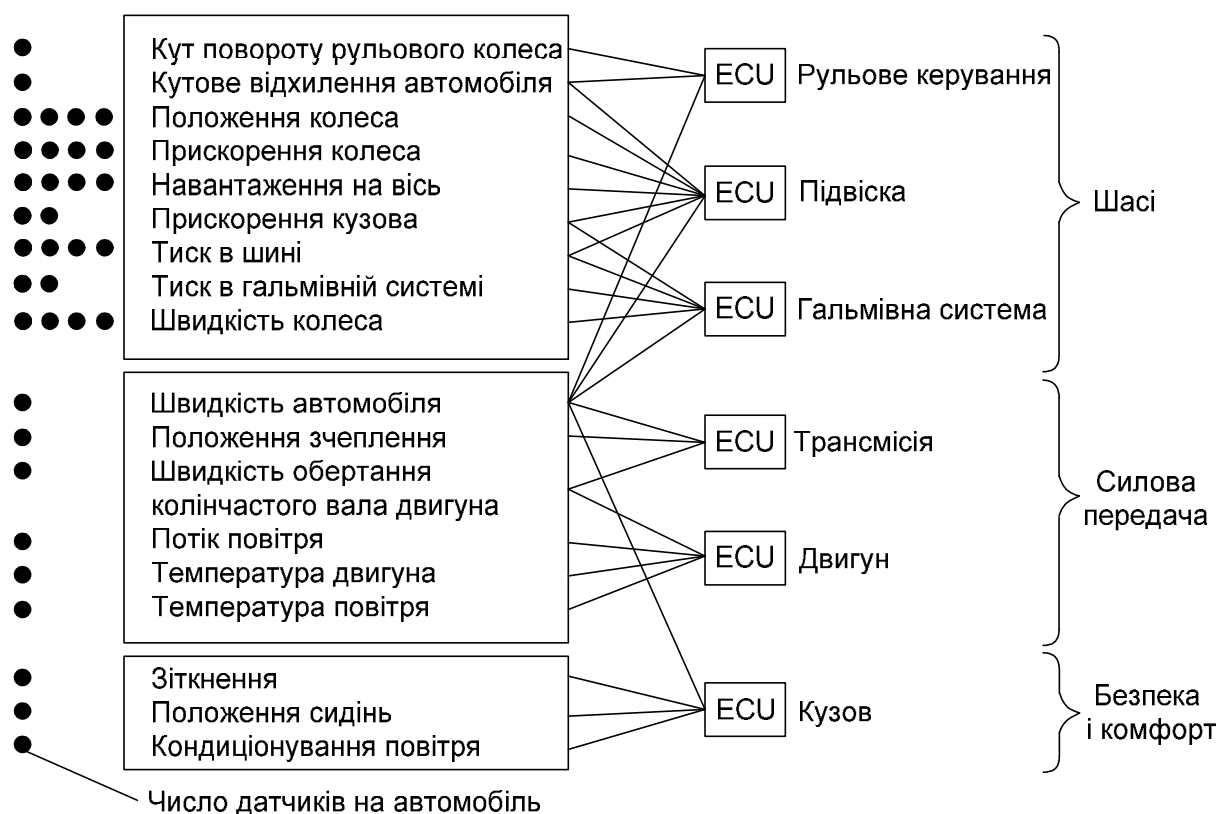


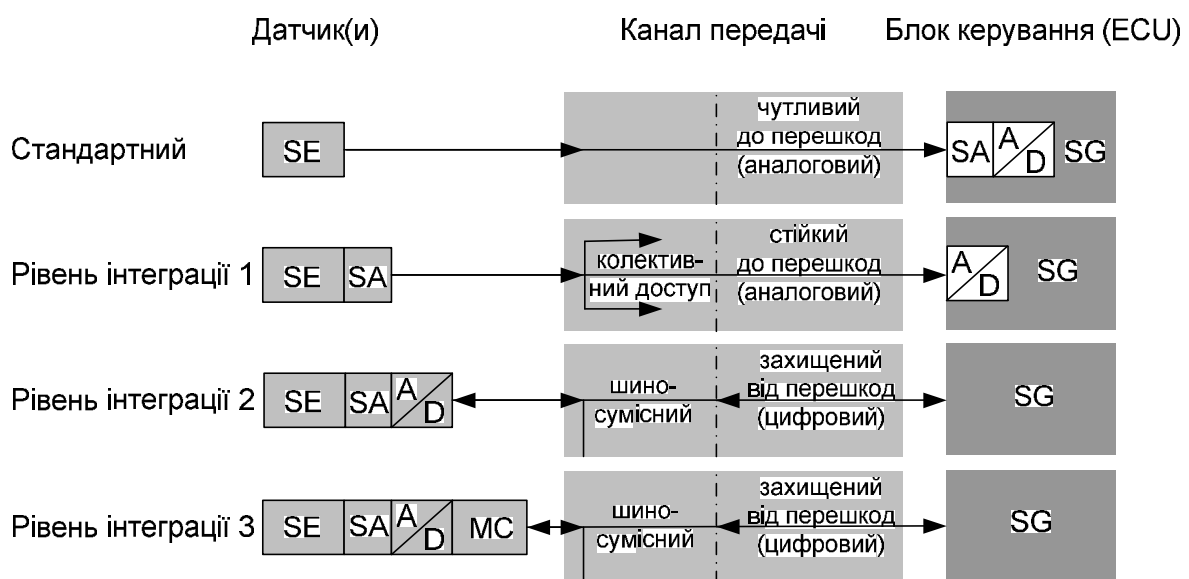
Рисунок 2.6 – Застосування датчиків в електронних системах керування

За умовами експлуатації і поставленими вимогами датчики транспортних засобів за надійністю поділяються на три класи:

- клас 1: рульове керування, гальма, захист пасажирів;
- клас 2: двигун, трансмісія, підвіска, шини;

- клас 3: комфорт, інформація (діагностика), протиугінний захист.
- Концепції мініатюризації пристроїв служать:
- технології гібридних інтегральних схем і підкладок (датчики температури і тиску);
 - напівпровідникові технології (контроль частоти обертання, наприклад, датчиком Холла);
 - мікромеханіка (датчики вимірювання прискорення і тиску); технології мікросистем (поєднання мікромеханіки, мікроелектроніки, а, при необхідності, і мікрооптики).

Системи керування розвиваються від локальних електронних схем обробки сигналів з гібридними і монолітними вбудованими датчиками до комплексних цифрових схем з аналого-цифровими перетворювачами і мікрокомп'ютерами (мехатроніка). Залежно від призначення системи і умов її роботи застосовуються різні рівні інтеграції датчиків (рис. 2.7). Перевагами поглибленої інтеграції є зменшення навантаження на блок керування; однорідні, гнучкі, шиносумісні лінії зв'язку; використання численних датчиків; можливість обробки низькоінтенсивних і ВЧ-сигналів (посилення, локальна демодуляція); зберігання індивідуальних коефіцієнтів корекції в програмованій пам'яті PROM для поліпшення характеристик і місцевої компенсації похибок датчика, а також загального балансування роботи датчика і електричного кола.



SE - датчик(и); SA – обробка сигналу (аналогова); A/D – аналого-цифровий перетворювач; SG - цифровий блок керування; MC - мікрокомп'ютер

Рисунок 2.7 – Рівні інтеграції датчиків

Датчики положення (переміщення/кут) можуть мати конструкцію з рухомими контактами або безконтактну (при безпосередній близькості до місця вимірювання) для реєстрації переміщення і кута.

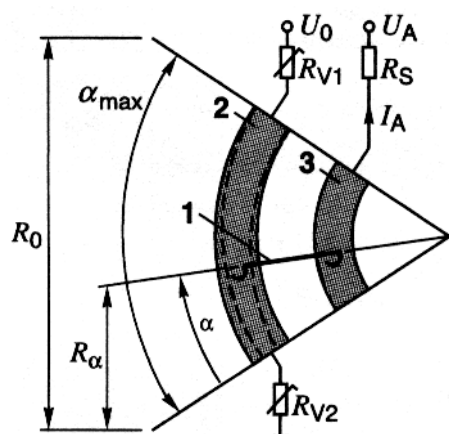
Приклади безпосередньо контрольованих параметрів: положення дросельної заслінки; положення педалі керування подачею палива; положення сидіння і автомобільного дзеркала; хід і положення тяги механізму керування; рівень палива; переміщення сервомеханізму зчеплення, перешкода на шляху руху автомобіля; кут повороту рульового колеса; кут нахилу; кут відхилення від траєкторії руху автомобіля; положення педалі гальма.

Побічно вимірювані параметри: кут відхилення заслінки датчика (швидкість потоку повітря); переміщення підпружиненої маси (прискорення); переміщення діафрагми (тиск); статичний прогин підвіски (вертикальне регулювання пучка світла фари автомобіля); кут закручування торсіона (момент).

Потенціометри з ковзними (рухомими) контактами (рис. 2.8) вимірюють лінійні і кутові переміщення завдяки пропорційному зв'язку між довжиною дроту або доріжки і її електричним опором. Напруга на вимірювальній доріжці зазвичай трасується декількома послідовними резисторами R_v для захисту від перевантажень. Стандартне підключення рухомого контакту виконується за допомогою другої контактної доріжки, яка складається з того ж матеріалу, нанесеного на провідну підкладку. Щоб запобігти зносу і погрішності вимірювання струм в зоні контакту мінімізують ($I_A < 1$ мА), а пристрій в цілому захищається від пилу.

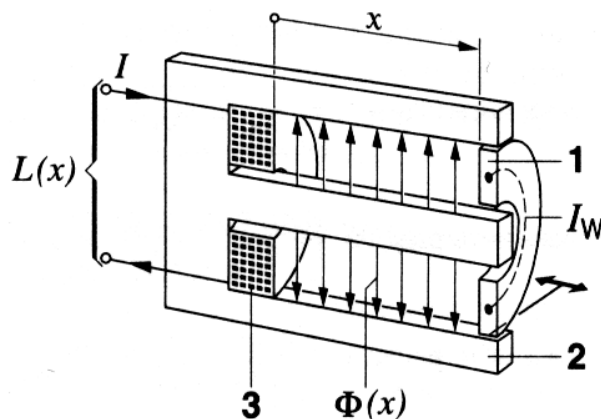
Датчики з кільцем закорочування (рис. 2.9) мають елементи змінної індуктивності, які складаються з сердечника, набраного з пластин (прямокутної, округлої U-подібної або Е-подібної форми) м'якомагнітної сталі, котушки індуктивності і рухомого кільця закорочування, виконаного з міді або алюмінію. Вихрові струми в кільці закорочування замикають магнітне поле в зоні між котушкою і кільцем. Оскільки рухома маса відносно мала, для цілей вимірювання можна використовувати майже всю довжину датчика. Зміна контурних виводів відбивається на характеристиці датчика: зменшення відстані між виводами відносно кінця вимірюваного діапазону покращує її, в подальшому приводячи до достатньо хорошої природної лінійності. Залежно від матеріалу і форми робочий діапазон лежить в інтервалі 5-50 кГц.

У напівдиференціальних датчиках (рис. 2.10) для отримання більшої точності використовується рухомий вимірник і нерухоме еталонне кільце закорочування (наприклад, на дизельних паливних насосах високого тиску лінійний датчик переміщення зубчатої рейки і датчик кутового положення виконавчого механізму насосів розподільного типу); з їх допомогою проводяться вимірювання, які діють подібно індуктивним подільникам напруги (обробка даних типу L_1 / L_2 чи $(L_1 - L_2) / (L_1 + L_2)$ або елементам для визначення частоти в генераторній схемі, що дає сигнал, пропорційний частоті (хороші характеристики захисту від перешкод, просте цифрове перетворення). Діапазон вимірювання $L_{\max} / L_{\min} = 4$.



1 – ковзний контакт; 2 – доріжка резистора; 3 – контактна доріжка;
 U_0 – напруга, що подається;
 U_A – вимірювана напруга; R – резистор;
 α – кут повороту ковзного контакту

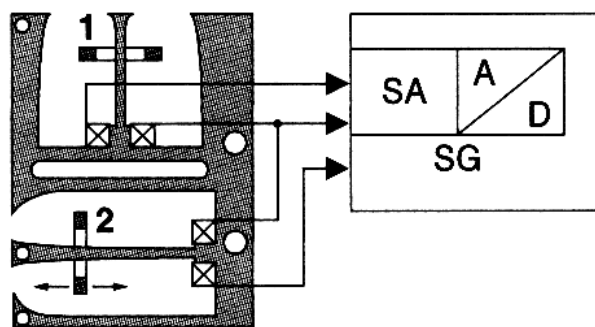
Рисунок 2.8 – Потенціометр з ковзним контактом



1 – кільце закорочування (рухоме);
 2 – м'який магнітний сердечник;
 3 – котушка; I – струм; I_w – вихрові струми; $L(x)$ – індуктивність;
 $\Phi(x)$ – магнітний потік на відстані x

Рисунок 2.9 – Датчик з кільцем закорочування

Датчики соленоїдно-плунжерного, диференціально-дросельного і диференціально-перетворювального типу функціонують на основі зміни індуктивності окремої котушки і пропорційного відношення ділянок напруги з рухомими сердечниками.



1 – еталонний (фіксований); 2 – рухоме кільце закорочування; SA – обробка сигналу (аналогова); A/D – аналого-цифровий перетворювач; SG - цифровий блок керування

Рисунок 2.10 – Напівдиференціальний вимірювальний датчик

ВЧ-датчики з вихровими струмами (з вбудованою електронною схемою) застосовуються для безконтактних (у безпосередній близькості до об'єкта) вимірювань, наприклад, контролю кута відкриття дросельної заслінки. Котушки цих датчиків позбавлені феромагнітного сердечника; зміни індуктивності в них наводяться електропровідними елементами спеціальної форми (спойлерами), які вибираються залежно від об'єкта вимірювання або поєднуються з ним. Оскільки робочі частоти високі (у

діапазоні МГц), електронна схема сигналу є частиною датчика; для контролю кута відкриття дроселя використовується котушка з двома обмотками.

Датчик Холла з інтегрованою мікросхемою (ІМ) дозволяє відстежувати зміну напруженості поля, яка виникає при русі постійного магніту, і таким чином контролювати обмежені переміщення. Разом з тим, встановлений фіксовано, він дозволяє отримувати точні цифрові дані (за кутом повороту) проходження об'єктів в заздалегідь заданій послідовності. В цьому випадку ІМ відслідковує обертання магнітного диска, отвори в якому задають цифровий код, наприклад, контроль кута повороту рульового колеса для систем управління динамікою автомобіля (VDC).

Магніторезистивні тонкоплівкові датчики NiFe (AMR) відкривають шлях до компактних конструкцій, важливих при безконтактних вимірюваннях, наприклад, кутів повороту. Підкладка датчика складається з шарів оксиду кремнію, в яких, при необхідності, може бути вбудована електронна схема обробки сигналів. Керуюче магнітне поле звичайно наводиться шляхом обертання магніту, розташованого над датчиком.

Магніторезистивні датчики кута повороту у вигляді шлагбаума (рис. 2.11) мають серйозні обмеження відносно як точності, так і діапазону вимірювань (максимум $\pm 15^\circ$). Їх робота основана на розладі магніторезистивного подільника напруги, що є AMR-смугою з нанесеними на неї провідними поперечними смугами з позолотою.

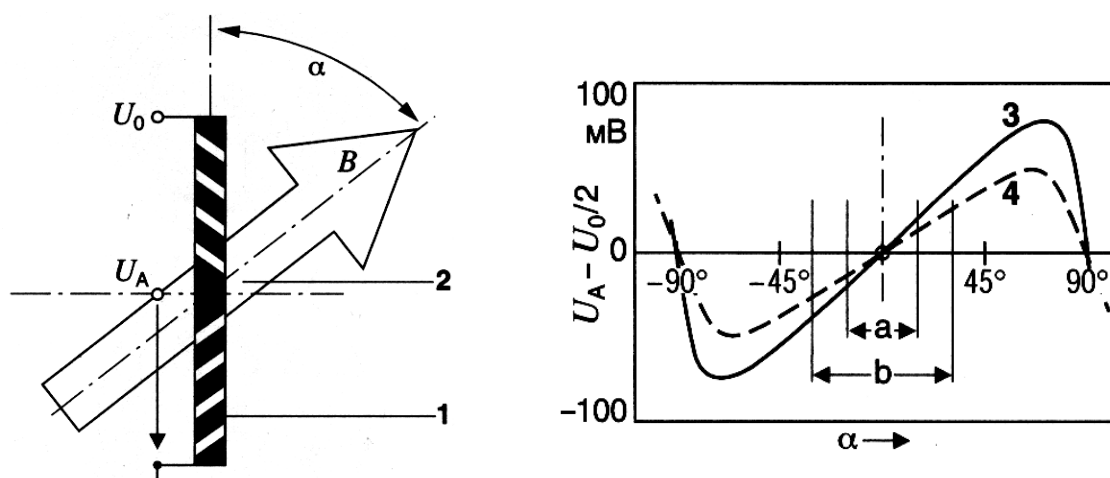
Магніторезистивні датчики кута повороту, виконані за схемою псевдоефекта Холла (рис. 2.12), видають на вихідних затискачах датчика чотирьохполюсної планарної структури синусоїдальний сигнал точності. Другий елемент, встановлений під кутом 45° , генерує додатковий косинусоїдальний сигнал.

Взаємне співвідношення двох сигналів дозволяє відстежувати кут повороту (наприклад, з функцією арктангенса). Ці датчики мають високу точність вимірювань в діапазоні 180° , залишаються значною мірою нечутливими до флуктуацій температури і напруженості магнітного поля. Для обробки сигналу придатний, наприклад, мікроконтролер або монолітна інтегральна схема точних прикладних програм (ASIC).

Системи контролю дистанції можуть вимірювати час розповсюдження ультразвуку (коротка дистанція 0,5-5,0 м) так, як і час розповсюдження ІЧ-випромінювання короткого діапазону (локатор з середньою дальністю вимірювань до 50 м). Останній варіант - радіолокаційне вимірювання (дальність до 150 м). Датчики магнітного поля (вимірювальні зонди насиченості сердечника) можуть спостерігати напрям руху автомобіля для загальної орієнтації і застосування в навігаційних системах.

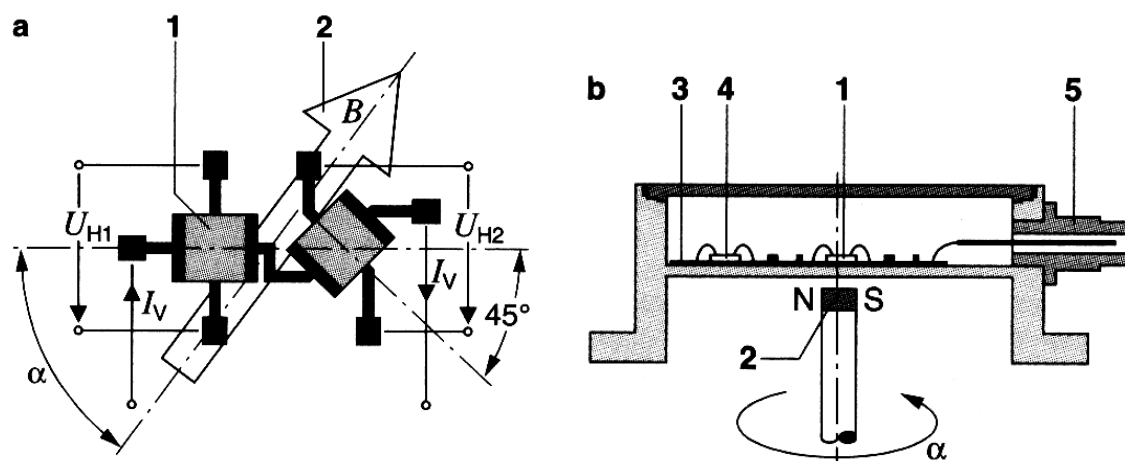
Датчики частоти обертання і швидкості забезпечують моніторинг швидкості і частоти обертання. Контрольовані змінні включають частоту обертання і положення колінчатого вала, частоту обертання розподільного

вала, коліс (ABS/ASR) і дизельного паливного насоса високого тиску. Нове застосування знаходять: датчики в підшипниках; датчики лінійної швидкості; датчики повороту автомобіля навколо вертикальної осі (у системах VDC).



1 – анізотропний магніторезистивний елемент (шлагбаум) AMR; 2 – постійний магніт, що обертається і відслідковує індуктивність; 3 – крива чутливості вимірювань при низьких робочих температурах; 4 – крива чутливості при високих робочих температурах; а – лінійна ділянка характеристики; б – ефективний діапазон вимірювань; α – вимірюваний кут; U_A – напруга сигналу; U_0 – напруга живлення

Рисунок 2.11 – Магніторезистивний датчик кута повороту у вигляді шлагбаума



а – схема вимірювання; б – структура датчика; 1 – тонкий NiFe шар (AMR-датчик); 2 – постійний магніт з індуктивністю B , що обертається; 3 – плата; 4 – ASIC; 5 – вивід; I_V – струм, що подається; U_{H1} , U_{H2} – основний і допоміжний сигнали; α – вимірюваний кут повороту

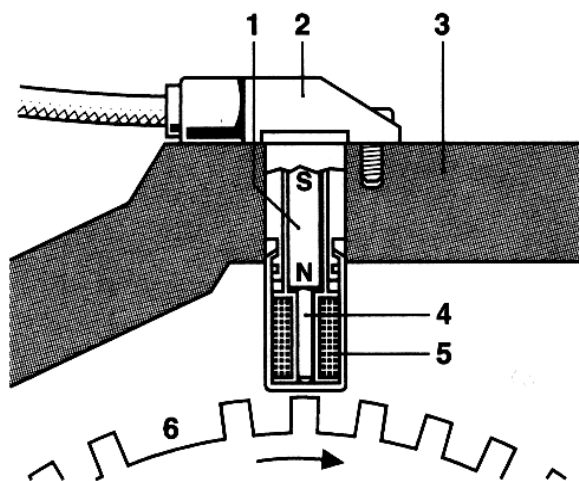
Рисунок 2.12 – Магніторезистивний датчик кута повороту (псевдоефект Холла)

Індуктивні датчики (рис. 2.13) містять стрижневий магніт з полюсним штирем з магнітом'якої сталі і котушку індуктивності з двома

виводами. Коли зуб феромагнітного зубчатого колеса (або ротора) проходить поблизу сердечника датчика, зміни магнітного потоку, що наводяться, створюють в котушці змінну напругу.

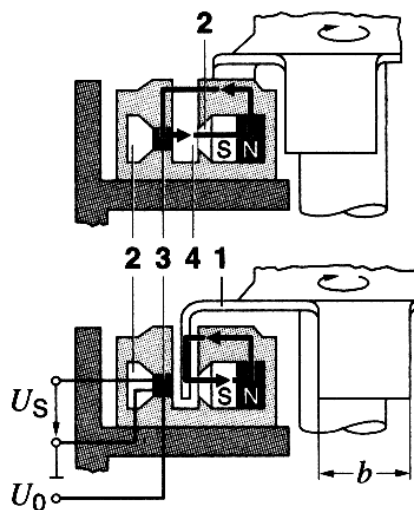
Повітряний зазор і розміри зубця чинять великий вплив на амплітуду сигналу. Це дозволяє без особливих труднощів визначити положення вала по інтервалах між зубцями в межах половини або третини. Стандартні датчики частоти обертання колінчатого вала і коліс автомобіля працюють при зазорі 0,8-1,5 мм. Еталонна точка моменту запалення робочої суміші задається або пропуском зубця, або шунтуванням проміжку між зубцями. При цьому результуюче збільшення відстані між нульовими перехідними станами сигналу або значне підвищення напруги сигналу (система реєструє зубець більшого розміру) визначається як нульова точка.

У напівпровідникових датчиках (рис. 2.14) використовується ефект Холла, який включається пластинковим екраном (наприклад, датчик моменту іскроутворення в розподільниках запалення). Відповідно електронна схема живлення і обробки сигналу інтегрована в кристал датчика. Ця "ІС Холла", отримана за біполярною технологією, розроблена для температур до 150°C. Вона безпосередньо під'єднується до системи електроустаткування автомобіля і повністю ізольована від зовнішніх дій. Магнітний ланцюг складається з постійного магніту і польового елемента. Магнітом'яке тригерне колесо (наприклад, з приводом від колінчатого вала) рухається в зазорі між ними. Пластина тригерного колеса екранує магнітне поле, тоді як проріз або отвір дозволяє йому безперешкодно діяти на датчик.



1 – постійний магніт; 2 – корпус;
3 – картер двигуна; 4 – магнітом'який
сердечник; 5 – обмотка; 6 – зубчасте
колесо з точкою відліку

Рисунок 2.13 – Індуктивний датчик
частоти обертання



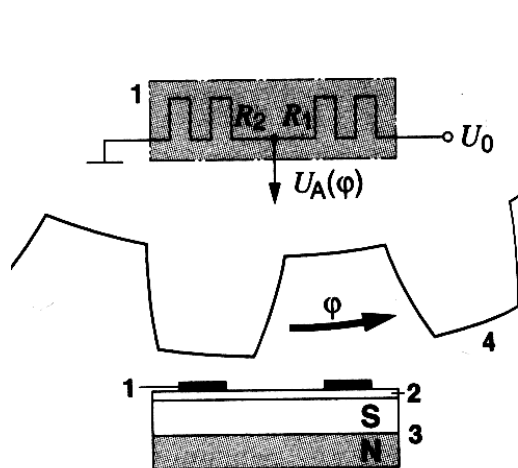
1 – пластина шириною b ; 2 – магніто-
м'які провідники поля; 3 – ІС Холла;
4 – повітряний зазор; U_0 – напруга
живлення; U_S – напруга сигналу

Рисунок 2.14 – Напівпровідниковий
датчик Холла

Датчики, що розробляються, в перспективі повинні забезпечувати: статичний контроль (наприклад нульова частота обертання); роботу з великими повітряними зазорами; нечутливість до змін повітряного зазору, роботоздатність при температурах до 200°C .

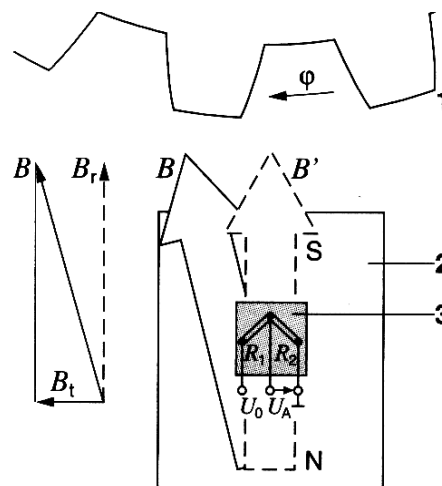
Магніторезистивні датчики, які базуються на ефекті Гауса (рис. 2.15), являють собою магнітокеровані, біполярно-напівпровідникові резистори (індій-антимонід), конструктивно подібні до датчика Холла. Їх опір, в основному, пропорційний квадрату напруженості поля. Два резистори диференціального датчика припускають з'єднання за схемою подільника напруги; термочутливість при цьому компенсується. Величина сигналу вирівнюється з виходом місцевих електронних підсилювачів (0,1-1,0В). Магніторезистори для застосування в автомобільній техніці мають стандартну температуру роботи $< 170^{\circ}\text{C}$ (при піковому нагріві до 200°C).

Тангенціальні датчики відрізняються від їх аналогів градієнтного типу способом отримання варіацій в полярності і напруженості магнітного поля, в компонентах, розташованих дотично до кола ротора. Варіанти конструкції включають тонкоплівкову технологію AMR (полюсний червоно-білий сердечник) або резистори з одного сплаву, за пів- або повною мостовою схемою (рис. 2.16). На відміну від градієнтних датчиків тангенціальні не потребують адаптації до кроку зубців, допускаючи напівточкову конфігурацію. Хоча величина сигналу перевищує ефект Холла в кремнії майже удвічі, проте в даному випадку все ще потрібне посилення.



1 – магніторезистор; 2 – магнітом'яка підкладка; 3 – постійний магніт; 4 – зубчатий ротор; U_0 – напруга живлення; $U_A(\varphi)$ – напруга сигналу при куті повороту φ

Рисунок 2.15 – Диференціальний магніторезистивний датчик



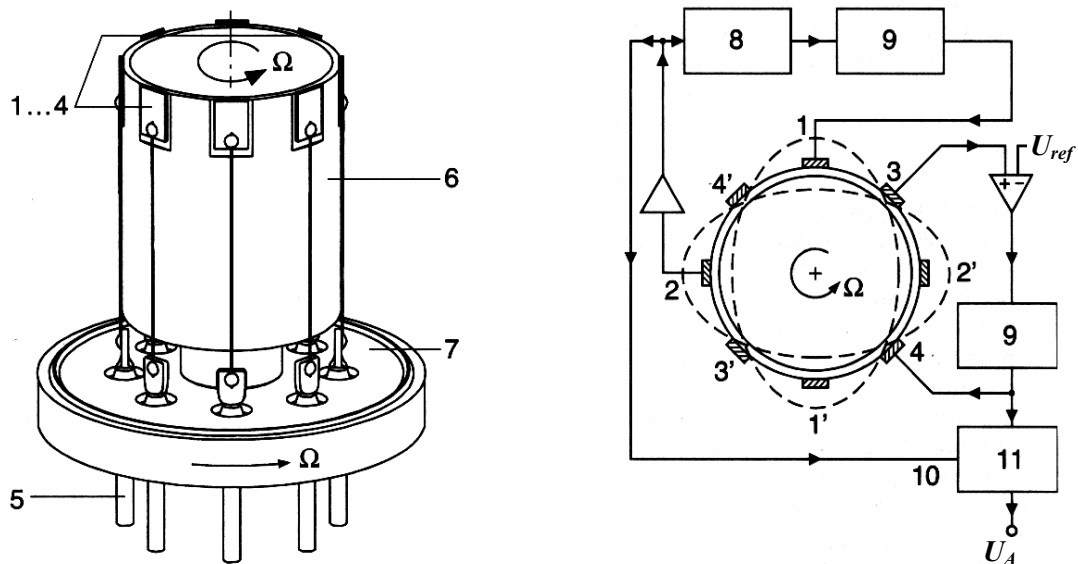
1 – зубчатий ротор (Fe); 2 – постійний магніт; 3 – датчик; B – керуюча напруженість поля з тангенційною B_t і радіальною B_r складовими (B' – нульове положення, $B_t = 0$); R_1, R_2 – тонкоплівкові резистори (AMR); φ – кут повороту; U_0 – напруга живлення; U_A – вимірювана напруга

Рисунок 2.16 – Тангенціальний датчик AMR

Коливальні гірометри дозволяють вимірювати абсолютну частоту обертання Ω при поворотах автомобіля (вертикальна вісь відхилення); зокрема це потрібно в системах контролю динаміки автомобіля VDC, стабілізації заносу і навігації. Принцип дії базується на властивостях механічних гіроскопів; при вимірюванні використовується прискорення Коріоліса, супутнє коливальному руху.

П'єзоелектричні датчики частоти відхилення навколо вертикальної осі (рис. 2.17) мають два діаметрально розташованих один до одного п'єзокерамічних елементи (1-1'), які наводять радіальні коливання в металевому циліндрі. Друга пара п'єзоелектричних елементів (2-2') стабілізує амплітуду коливань чотирма осьовими вузлами (фазове зрушення на 45° за напрямком збудження).

Коливання вузлів відповідають обертанню з частотою Ω з незначним периферійним зсувом; сигнали, пропорційні частоті, виникають у вузлах, вільних від силового впливу. Ця умова контролюється третьою парою п'єзоелектричних елементів (3-3'). Її сигнали повертаються назад до еталонної величини $U_{ref} = 0$ четвертою парою (4-4') за умовами роботи замкнутого ланцюга. Після фільтрації, коли відділяється синхронна фаза, вдається отримати досить точний вихідний сигнал. Тимчасова зміна цільової величини до $U_{ref} \neq 0$ надає простий засіб перевірки системи в цілому («вбудоване випробування»).



1...4 – пари п'єзоелектричних елементів; 5 – з'єднувальні штирі; 6 – коливальний циліндр; 7 – опорний диск; 8 – ланцюг керування (фіксована фаза); 9 – смуговий фільтр; 10 – еталонна фаза; 11 – ректифікатор (розділювач фаз); U_A – напруга сигналу; Ω – частота обертання; $U_{ref} = 0$ (нормальна експлуатація); $U_{ref} \neq 0$ (вбудоване випробування)

Рисунок 2.17 – П'єзоелектричні датчики частоти обертання автомобіля навколо вертикальної осі

Термонавідна нелінійність в характеристиці датчика потребує складної компенсації. Оскільки характеристики п'єзокерамічних елементів з часом також змінюються, потрібна їх ретельна попередня обробка (штучне старіння).

Мікромеханічні кремнієві датчики частоти обертання при поворотах автомобіля забезпечуватимуть недорого і компактно альтернативу (гіроскопам на кристалі) складним механічним датчикам, що використовуються в наш час.

Радарні датчики в основному застосовуються в спрощених (з низькою вартістю) радарх Доплера для вимірювання лінійної швидкості автомобіля.

Датчики прискорення (табл. 2.3) можуть використовуватися для включення системи пасивного захисту автомобіля, виявлення детонації і керування роботою двигуна, а також контролю поперечних прискорень і змін швидкості повнопривідних автомобілів з ABS.

Таблиця 2.3 – Типові норми контрольованих прискорень автомобілів

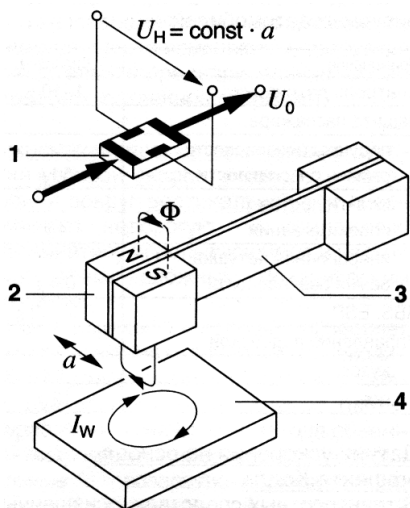
Застосування	Діапазон
Контроль детонації	1-10g
Захист пасажирів: подушка безпеки, ремінь безпеки штанги проти перекидання інерційна катушка ремня безпеки ABS, VDC	0-50 g 0-4g 0-0,4 g 0,8-1,2 g
Управління підвіскою: кузов вісь	0-1g 0-10g

В транспортних засобах, оснащених АБС і приводом на чотири колеса та автомобілях з контролем динаміки (VDC), колісні датчики частоти обертання доповнюються спеціальним датчиком Холла для відстежування поздовжніх і поперечних прискорень (рис. 2.18). Переміщення системи пружина - маса, викликані прискореннями, відстежуються датчиком Холла (вимірюваний діапазон до 1g). Датчик призначений для низькочастотної (декілька Гц) експлуатації і характеризується електродинамічним затуханням (демпфуванням).

П'єзоелектричні біморфні пружні елементи (двошарова п'єзокераміка) використовуються в пускових пристроях в аварійних натягачах ременів безпеки, подушок безпеки і штанг проти перекидання автомобіля. Їх інерційна маса під дією прискорення викликає деформацію, що забезпечує достатній динамічний сигнал із сприятливими для обробки характеристиками (зазвичай межа за частотою 10 Гц).

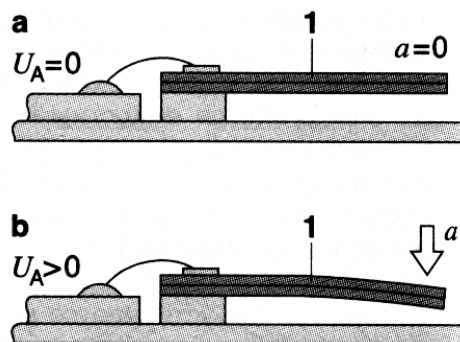
Чутливий елемент п'єзоелектричного датчика (рис. 2.19) розташований в герметичному корпусі, який має також первинний

підсилювач сигналу. Поздовжні елементи використовуються як датчики детонації (датчики прискорення) у відстежувальних системах запалення. З їх допомогою вимірюється вібраційний шум в блоці двигуна (вимірюваний діапазон прискорень складає приблизно 0-10 g при звичайній частоті коливань 5-20 кГц).



1 – датчик Холла; 2 – постійний магніт (сейсмічна маса); 3 – пружина;
4 – демпфувальна пластина (Cu);
 a – прискорення; I_w – вихрові струми;
 U_H – напруга Холла; U_0 – напруга живлення; Φ – магнітний потік

Рисунок 2.18 – Датчик прискорення Холла



а – в стані спокою; б – під дією прискорення; 1 – п'єзоелектричний біморфний пружний елемент;
 U_A – вимірювана напруга

Рисунок 2.19 – П'єзоелектричний датчик

Перше покоління мікромеханічних датчиків (рис. 2.20) ґрунтувалося на анізотропії і селективних методах тругнення для отримання необхідних властивостей системи пружина - маса в пластині (об'ємна кремнієва мікромеханіка) і необхідного профілю пружини.

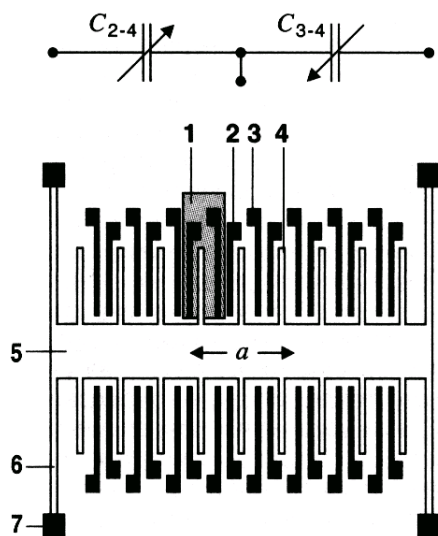
Ємнісні датчики (рис. 2.21) стали особливо ефективними при високоточних вимірюваннях відхилення інерційної маси. В конструкції використовуються допоміжні кремнієві або скляні пластинки з протилежними електродами вище і нижче підпружиненої інерційної маси. Створюється тришарова конструкція, що дозволяє захистити пластини і протилежні електроди від перенавантажень.

Прецизійна вивірена повітряна подушка в герметично закритій коливальній системі забезпечує конструкції компактність, а також демпфування з достатньою стійкістю до температурних дій. В існуючих конструкціях для безпосереднього з'єднання трьох кремнієвих пластинок майже завжди використовується процес плавлення.

Зважаючи на різне теплове розширення у різних компонентів, їх необхідно встановлювати на касетну підкладку. Це має вирішальне

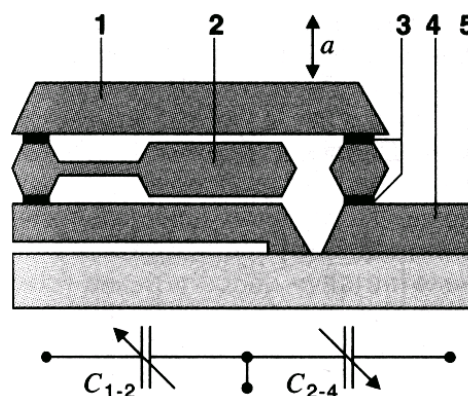
значення для точності вимірювань. Можливе застосування прямолінійного монтажу з вільним утриманням в чутливому діапазоні.

Цей тип датчика зазвичай використовується для прискорень низького рівня ($< 2 \text{ g}$) і пов'язаний з трикристальною концепцією: (кристал датчика + CMOS-кристал обробки + біполярний ІС-захист). Перетворення для розширеної оцінки сигналу включає автоматичне самоповернення, при якому інерційна маса стає в початкове положення, а сигнал позиціювання набуває першочергового значення.



1 – елементарна комірка; 2, 3 – фіксовані пластинки; 4 – рухома пластика; 5 – інерційна маса; 6 – пружний елемент; 7 – кріплення; a – прискорення; C – вимірювальний конденсатор

Рисунок 2.20 – Мікромеханічний поверхневий датчик прискорення



1 – верхня кремнієва пластина; 2 – центральна кремнієва пластина (сейсмічна маса); 3 – оксид кремнію; 4 – нижня кремнієва пластина; 5 – скляна підкладка; a – прискорення; C – вимірювальні конденсатори

Рисунок 2.21 – Об'ємний кремнієвий датчик прискорення

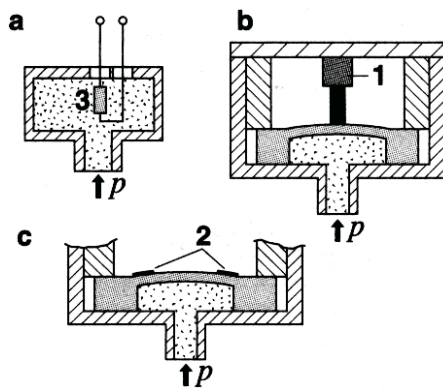
Для великих прискорень (у системах захисту пасажирів) використовуються мікромеханічні поверхневі датчики значно менших розмірів (типові значення довжини знаходяться в межах 100 мкм). Головною відмінністю цих датчиків від об'ємних кремнієвих елементів є типова ємність близько 1 пФ (колишні мали 10-20 пФ). Електронні схеми обробки інтегруються в один кристал з датчиком (характерно для систем з контролем положення).

Датчики тиску. Вимірювання тиску (рис. 2.22) здійснюється безпосередньо шляхом відхилення діафрагми або датчиком зусилля. З їх допомогою вимірюється:

- тиск у впускному трубопроводі (1-5 бар);
- тиск в електропневматичних гальмах (10 бар);
- тиск повітря в підвісці (16 бар); тиск в шинах (5 бар);

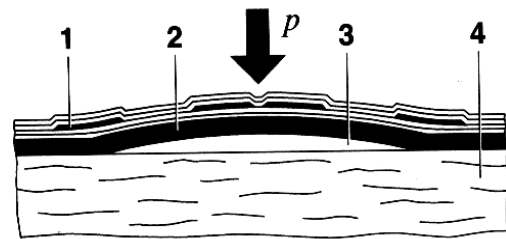
- тиск в гідроаккумуляторі (близько 200 бар) системи ABS, підсилювача керма;
- тиск в амортизаторі (+200 бар) системи керування підвіскою;
- тиск холодоагенту (35 бар) системи кондиціонування повітря;
- керівний тиск (35 бар) в автоматичній трансмісії;
- тиск в головному і колісному гальмових циліндрах (200 бар);
- надлишковий (вакуумний) тиск в паливному баку (0,5 бар);
- тиск в камері згорання (100 бар);
- секційний тиск впорскування в дизелі (1000 бар, динамічний);
- тиск в магістралі системи «Common-rail» (1500-1800 бар) в дизелі;
- тиск в магістралі системи «Common-rail» (100 бар) для двигунів з іскровим запаленням.

В товстоплівкових датчиках тиску (рис. 2.23) вимірювальна діафрагма та її тензорезистори (DMS) застосовуються для вимірювань абсолютного тиску приблизно до 20 бар при відношенні опору до переміщення $K = 12 \dots 15$.



а – безпосередньо резистором (3), чутливим до тиску; б – з датчиком зусилля (1); с – за деформацією діафрагми / DMS (2); p – тиск

Рисунок 2.22 – Способи вимірювання тиску



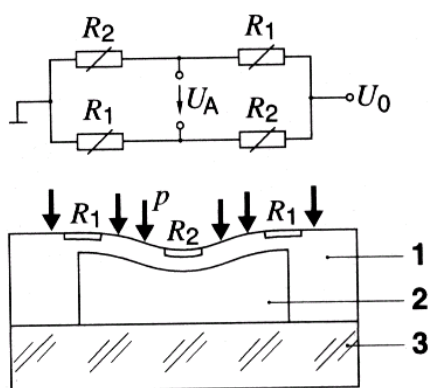
1 – п'єзорезистивний вимірювальний міст; 2 – товстоплівкова діафрагма; 3 – камера еталонного тиску «бульбашка»; 4 – керамічна підкладка; p – тиск

Рисунок 2.23 – Товстоплівковий датчик тиску

При правильно вибраних коефіцієнтах розширення керамічної підкладки і керамічної плівкової кришки в результаті охолодження стику діафрагма набуває форми купола. В результаті виходить порожниста камера («бульбашка») висотою приблизно 100 мкм і діаметром 3-5 мм. Після встановлення товстоплівкових тензорезисторів пристрій герметизується керамічним скляним покриттям. Газ, що залишився в «бульбашці», забезпечує температурну компенсацію. Схеми посилення і корекції сигналу відокремлені від середовища вимірювання, але розташовані в суміжній з датчиком області на одній з ним підкладці. «Бульбашковим датчиком» не можна вимірювати високі або дуже низькі тиски; для цих цілей використовують плоскі керамічні діафрагми.

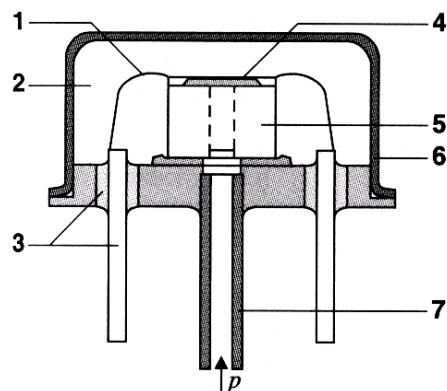
Напівпровідникові датчики тиску (рис. 2.24) містять кремнієву діафрагму з чутливими до тиску резисторами. Коефіцієнт резисторів $K = 100$. Компенсаційна і калібрувальна настройки датчика можуть здійснюватися неперервною або постадійною схемою, інтегрованою в окремий допоміжний кристал або в кристал датчика. В майбутньому значення поправок до даних і величин зберігатимуться в цифровому вигляді в програмованій пам'яті (PROM).

Датчики, інтегровані в одному кристалі з повним електронним калібруванням (рис. 2.25), найбільш підходять для вимірювання навантажень в електронних системах запалення і впорскування палива дизельних двигунів. Завдяки компактності вони можуть встановлюватися безпосередньо у впускному трубопроводі (перші конструкції встановлювались у відповідних електронних блоках управління (ECU)), або в моторному відсіку.



1 – кремній; 2 – вакуум; 3 – скло;
 p – тиск; U_0 – напруга живлення;
 U_A – вимірювана напруга; R_1 – вимірювальний тензорезистор в мостовій схемі;
 R_2 – компенсувальний тензорезистор в мостовій схемі

Рисунок 2.24 – Напівпровідниковий датчик тиску



1 – провід; 2 – контрольний вакуум;
 3 – ізолюваний скло електричний вивід;
 4 – кристал датчика; 5 – скляний п'єдестал; 6 – ковпак; 7 – підведення тиску

Рисунок 2.25 – Інтегральний кремнієвий датчик тиску у впускному трубопроводі

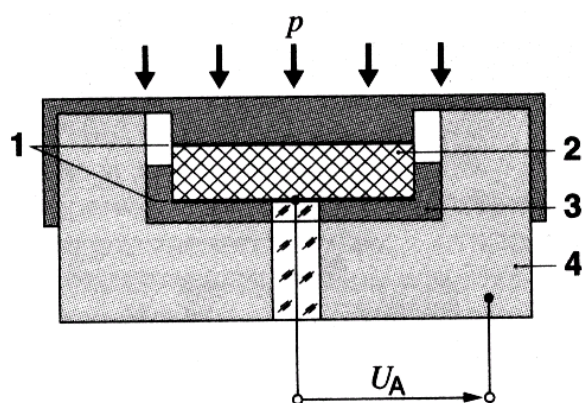
Часто використовуються конструкції, в яких вимірюваний тиск підводиться до електронно-пасивної порожнини на боковій стороні кристала датчика. Для максимального захисту більш чутлива сторона кристала з друкованими схемами і контактами поміщається в оболонку камери еталонного тиску, розташовану між основою корпуса і припаяним металевим ковпаком. Такі датчики придатні також для застосування в системах контролю тиску в шинах для його безперервних і безконтактних вимірювань.

Якщо кристал кремнію не піддавати дії високих температур (максимум 600°C), то його можна використати для контролю тиску в

камері згорання. Металева ізолююча діафрагма і наплавлений передавальний стрижень довжиною декілька міліметрів забезпечують необхідний захист. За допомогою мікромеханічних методів виготовляється мініатюрна вставка в центрі діафрагми, яка передає зусилля тензодатчику. Вимірюване зусилля передається стрижнем в передню частину діафрагми через вставку і далі в кристал датчика з мінімальною похибкою. Такий метод встановлення дозволяє підтримувати робочі температури нижче 150°C.

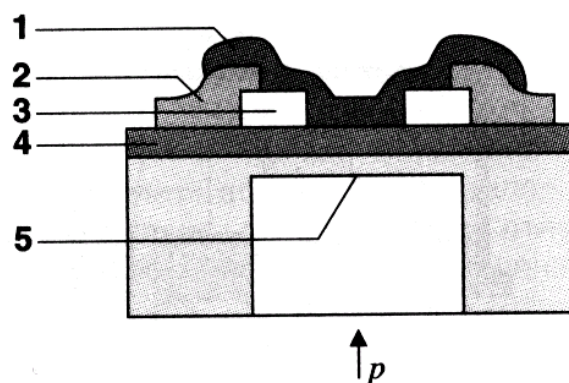
П'єзоелектричні датчики (рис. 2.26) забезпечують динамічне вимірювання тиску. В електроннокерованих дизельних паливних насосах високого тиску для визначення початку і кінця впорскування (подачі палива) датчиком реєструються тільки зміни тиску в секції насоса. Оскільки тут особливої точності не потребується, похибками від гістерезису, старіння і тепловими нехтують. Попередній підсилювач з високим опором на виході часто встановлюється в герметизованому корпусі. Це дозволяє зменшити вплив джерела сигналу на роботу датчика для попередження часткового шунтування і появи помилок у вимірюваннях.

Датчики високого тиску з металевою діафрагмою (рис. 2.27) призначені для роботи в умовах надзвичайно високого тиску, наприклад, в напірних магістралях впорскування в дизельних системах "Common-rail", для керування ізолюваною системою. Діафрагми виготовляються з високоякісної пружинної сталі. Такі DMS-датчики мають просту і недорогу систему ізоляції середовища вимірювання; відрізняються від кремнієвих більшою стійкістю до розриву в області ефективного діапазону; легко встановлюються в металевих корпусах.



1 – металеве покриття; 2 – п'єзоелектричний диск; 3 – ізоляція; 4 – корпус;
 p – тиск; U_A – вимірювана напруга

Рисунок 2.26 – П'єзоелектричний датчик тиску

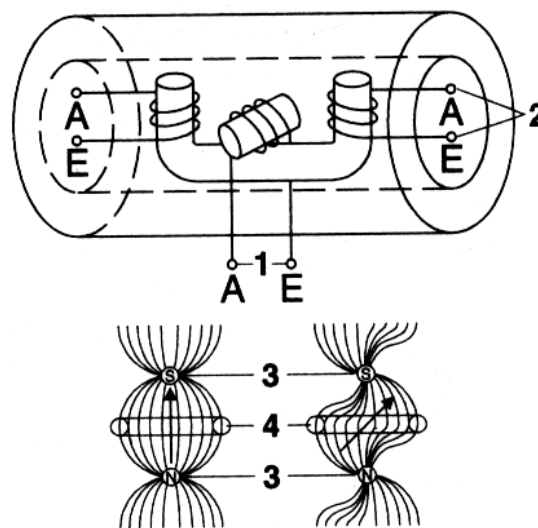


1 – кільце пасивації $SiNx$; 2 – золотий контакт; 3 – полікремнієва діафрагма DMS; 4 – ізоляція SiO_2 ; 5 – сталлюю діафрагма; p – тиск

Рисунок 2.27 – Датчик високого тиску з металевою діафрагмою (вимірювальний елемент поз. 1-4, поданий збільшеним)

Датчики сили і моменту знаходять застосування при вимірюванні сил в зчпному пристрої автопоїзда для керування гальмуванням причепа; вимірюванні сил демпфування в системах електронного керування підвіскою; вимірюванні осьового навантаження для систем електронного керування розподілом гальмівного зусилля для автомобілів великої вантажопідйомності; вимірюванні зусилля на педалі для електронно-керованої гальмівної системи; вимірюванні гальмівного зусилля в гальмових системах з електроприводом і електронним керуванням; безконтактних вимірюваннях зусиль в механізмах і приводі гальм; безконтактних вимірюваннях зусиль, які виникають в рульовому керуванні та гідропідсилювачах; у системах захисту пальців пасажирів в склопідіймачах і розсувних дахах з електроприводом.

Наприклад, в магнітопружних датчиках опорно-зчпних пристроїв (рис. 2.28) порожнистий з'єднувальний палець містить котушку, яка створює магнітне поле. Під кутом 90° до неї розташовують вимірювальну котушку, в якій магнітний потік відсутній, якщо не докладені будь-які зусилля. Проте під дією навантаження феромагнітний матеріал пальця набуває анізотропних властивостей, і пропорційний силі магнітний потік, що приходить через вимірювальну котушку, наводить електричну напругу. Засоби електроніки для живлення датчика і посилення сигналу також розташовані усередині пальця.



1 – первинна обмотка (подача живлення); 2 – вторинна обмотка (сигнал); 3 – первинна полюсна система; 4 – вторинна полюсна система

Рисунок 2.28 – Магнітопружні датчики опорно-зчпних пристроїв

Витратоміри. Витрата палива в автомобілі оцінюється за кількістю, витраченою на роботу двигуна, яка визначається як різниця об'ємів прямого і зворотного потоків. Двигуни з іскровим запаленням і електронним дозуванням подачі палива використовують витрату повітря як основний керований параметр.

Витрата повітря визначається за його проходженням через впускний патрубок двигуна. Співвідношення мас повітря і палива є найважливішим фактором в хімічному процесі згорання, тому фактично проводиться вимірювання маси повітря, що витрачається, хоча може застосовуватися процедура визначення об'єму і динамічного тиску.

Максимальна маса витраченого повітря за годину, що підлягає виміру, лежить в інтервалі 400-1000 кг, в залежності від ефективної потужності двигуна. За усередненою оцінкою роботи на холостому ході сучасних двигунів відношення між мінімальною і максимальною витратою складає 1:90 - 1:100.

Вимірювання витрати проводиться таким чином. Середовище з однорідною щільністю ρ протікає через трубопровід постійного діаметра A зі швидкістю V , яка, в основному, є постійною в усіх точках перерізу труби (турбулентний потік). Результуючі умови визначаються як:

– об'ємна витрата потоку $Q_v = V \cdot A$;

– масова витрата потоку $Q_M = V \cdot A$.

Якщо в трубі встановити вимірювальну шайбу, що стискає потік, то виникає, відповідно до рівняння Бернуллі, перепад тиску Δp , який пов'язує масу і об'єм витрати

$$\Delta p = \text{const} \cdot \rho \cdot V^2 = \text{const} \cdot Q_v \cdot Q_M.$$

Вимірювальні шайби дозволяють відслідковувати витрату у відносному діапазоні 1:10; шайби змінного перерізу дозволяють це робити в значно більшому діапазоні співвідношень.

Об'ємні витратоміри працюють відповідно до принципу траєкторії вихору Кармана, згідно з яким завихрення повітряного потоку періодично з'являються позаду перешкоди на постійній відстані. На периферії (стілки труби або каналу) частота завихрень пропорційна витраті

$$f = 1/T = \text{const} \cdot Q_v.$$

Недолік: пульсація потоку може бути результатом помилок вимірювання.

Ультразвукова процедура вимірювання витрати може бути використана для визначення часу t проходження акустичної хвилі через вимірюване середовище, наприклад повітря, під кутом α (рис. 2.29).

Одне вимірювання виконується назустріч потоку, друге – за напрямком потоку на одній і тій же ділянці довжиною l . Різниця між часом проходження пропорційна об'ємній витраті.

Витратоміри на основі трубки Піто (рис. 2.30) працюють таким чином. Регулятор тиску, що обертається, створює вільний перебіг потоку на ділянці змінного перерізу, розмір якого залежить від витрати. За

допомогою потенціометра можна контролювати положення регулятора для визначення відповідної витрати. Конструкція і електрична схема витратоміра повітря забезпечують логарифмічну залежність між витратою і вихідним сигналом (наприклад, в системі L-Jetronic, KE-Jetronic). Вимірювальна помилка виникає, якщо інерція клапана не дозволяє йому відслідковувати пульсації повітряного потоку в умовах повного навантаження при високій частоті обертання колінчастого вала двигуна.

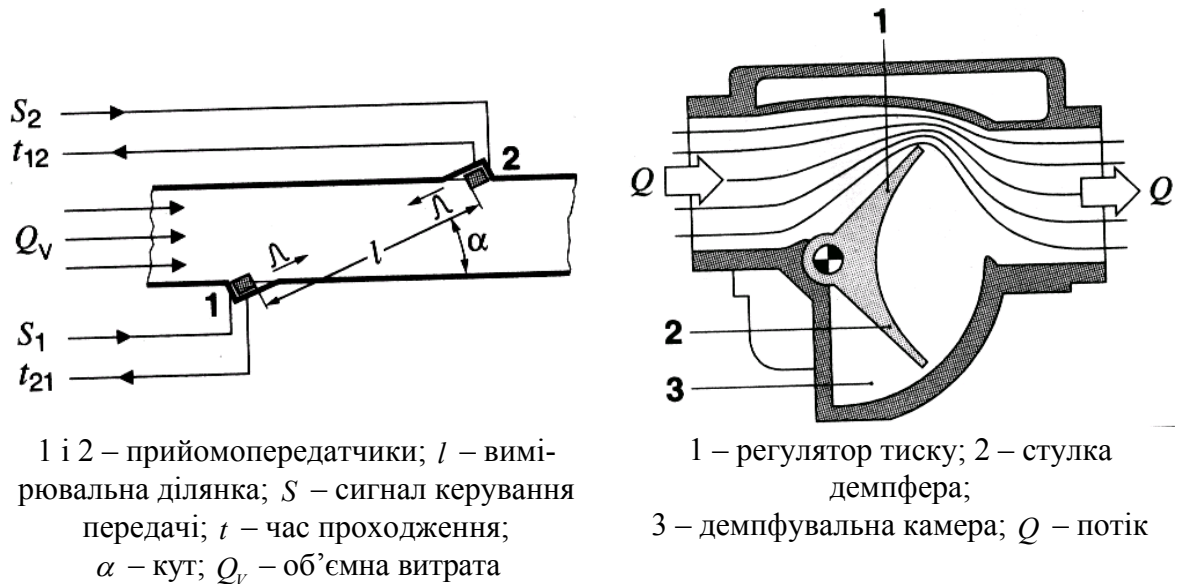


Рисунок 2.29 – Ультразвукове
вимірювання витрати повітря

Рисунок 2.30 – Витратомір повітря з
трубкою Піто

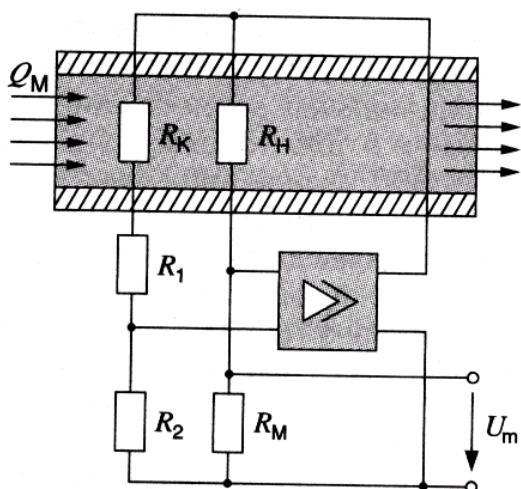
Замкнутий ланцюг керування в корпусі датчика маси повітря (рис. 2.31) підтримує постійну різницю температур між тонкою платиновою ниткою або тонкоплівковим резистором і повітряним потоком, що проходить. Струм, необхідний для підтримування цієї різниці, забезпечує досить точний, хоча і нелінійний, показник масової витрати повітря. Зважаючи на замкнуту конструкцію, цей тип витратоміра повітря дозволяє відстежувати коливання витрати в діапазоні мілісекунди. Проте нездатність датчика розпізнавати напрям потоку може привести до незначної помилки у вимірюванні, якщо у впускному трубопроводі виникає сильна пульсація.

Платиновий дріт у витратомірі маси повітря функціонує і як нагрівальний елемент, і як температурний датчик. Для отримання стабільних і надійних характеристик протягом тривалої експлуатації після кожної фази активної роботи (коли запалення відключене) з поверхні нагрітої (приблизно до 1000°C) дрітної нитки повинні випаровуватися всі накопичувані відкладення (післясвічення).

При використанні платинової нитки нагрівальний елемент розташований на зворотному боці пластини основи з відповідним температурним датчиком на лицьовій стороні. Це веде до деякого запізнення

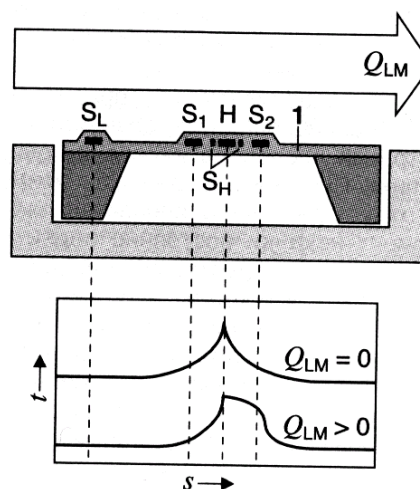
спрацьовування конструкції. Для зменшення впливу нагрівального елемента на параметри резистора температурної компенсації R_K в керамічній підкладці роблять лазерний зріз. Для поліпшення характеристик використовується післясвічення нагрівального елемента.

Витратомір маси повітря, в якому використовується нагрівання плівки (рис. 2.32), містить всі вимірювачі і електронні елементи керування на одній підкладці. В ньому нагрівачі та вимірювальні резистори виконуються у вигляді тонких платинових шарів, напилених на поверхню кристала кремнію. Термальне розв'язування монтажу досягається встановленням кристала кремнію на мікромеханічно стоншену підкладку (подібна концепція використовується в діафрагмових датчиках тиску). Суміжно розташовані датчик температури підігрівача S_H і датчик температури повітря S_L (на товстішому краю кремнієвого кристала) підтримують нагрівальний резистор H на постійному рівні перевищення температури. Цей метод відрізняється від раніше використовуваних тим, що для отримання вихідного сигналу не потрібно вимірювати струм підігріву. Замість цього сигнал виводиться з різниці температур середовища (повітря) вимірюваних датчиками. Вони розташовані на шляху потоку по ходу його руху і назустріч ньому по обидві сторони від нагрівального резистора. Такий сигнал, порівняно з використанням нагрівальної нитки, показує напрям руху потоку.



Q_M – масова витрата; U_m – вихідна напруга; R_H – терморезистор;
 R_M – прецизійний резистор;
 R_1 і R_2 – рівноважні резистори;
 R_K – термокомпенсаційний резистор

Рисунок 2.31 – Витратомір маси повітря з використанням нагрівної проволоки



1 – діелектрична діафрагма;
 H – нагрівальний резистор;
 S_H – датчик температури нагрівача;
 S_L – датчик температури повітря;
 S_1 і S_2 – температурні датчики (до і після нагрівача); Q_{LM} – маса повітряного потоку; t – температура

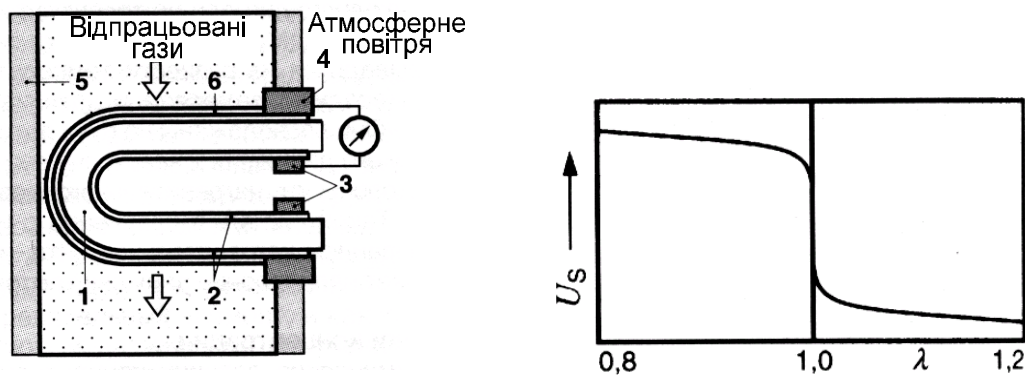
Рисунок 2.32 – Мікромеханічний витратомір маси повітря з використанням нагрівання плівок

Датчик концентрації кисню (датчик O_2 або "лямбда-зонд") використовується в системах дозування палива для точного контролю згорання паливо-повітряної суміші на основі вимірювання вмісту залишкового кисню у відпрацьованих газах. Склад суміші регулюється достатньо точно для досягнення коефіцієнта надлишку повітря $\lambda = 1$.

Датчиком є твердий електроліт з ZrO-кераміки (рис. 2.33). При високій температурі цей електроліт стає електропровідним і генерує характерний гальванічний заряд, який є показником вмісту кисню в газі. Максимальне значення відповідає $\lambda = 1$.

Електричні датчики, що підігріваються, особливо зручні для вимірювань параметрів двигуна, що працює на збідненій паливній суміші. Вони роботоздатні і під час прогрівання двигуна.

Плоскі ("пластинчасті") датчики і датчики з характеристикою, що далеко заходить в область збідненого діапазону (для дизельних двигунів), появляться в майбутньому.



1 – керамічний датчик; 2 – електроди; 3 – контакт; 4 – контакти корпуса; 5 – випускна труба; 6 – захисне керамічне покриття (пористе); λ – коефіцієнт надлишку повітря; U_s – напруга датчика

Рисунок 2.33 – Датчик концентрації кисню і його характеристика

Датчики температури використовуються на різних об'єктах вимірювання (табл. 2.4) транспортних засобів. Вимірювання температури проводиться майже виключно терморезисторами (рис. 2.34) з додатними (PTC) і від'ємними (NTC) температурними коефіцієнтами.

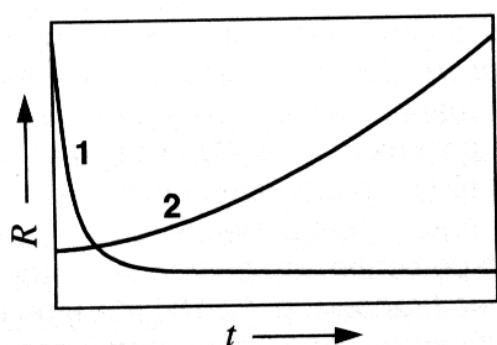
У багатьох системах і вузлах температура контролюється як другорядний параметр, особливо в тих випадках, коли перепади температури викликають несправність або роблять небажаний вплив на роботу всієї системи.

Спечені керамічні резистори (negative temperature coefficient resistor (NTC)) – термопровідники – виготовляються з оксидів важких металів і окислованих змішаних кристалів (спікаються в гранулу або пластинку) і відносяться до напівпровідникових матеріалів з оберненою експоненціальною характеристикою. Висока термічна чутливість обмежує їх застосування температурами в діапазоні від -40 до 850°C .

Таблиця 2.4 – Робочі температури об'єктів вимірювання автомобіля

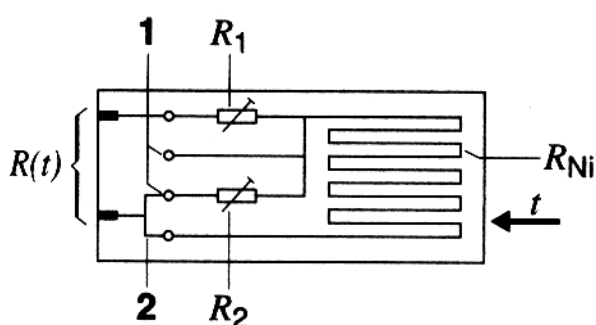
Об'єкт вимірювання	Діапазон °C	
Система впускання повітря	-40	+170
Зовнішні атмосферні умови	-40	+60
Пасажирський відсік (салон)	-20	+80
Вентиляція і опалювання	-20	+60
Випарник кондиціонера	-10	+50
Охолоджувальна рідина двигуна	-40	+130
Масило в двигуні	-40	+170
Акумулятор	-40	+100
Паливо	-40	+120
Повітря шин	-40	+120
Відпрацьовані гази	100	+1000
Скоби дискового гальма	-40	+2000

Тонкоплівкові металеві резистори (positive temperature coefficient resistor (PTC)), об'єднані на одній пластині-підкладці з двома додатковими температурно-нейтральними резисторами настроювання, мають більший термін служби і високу точність, оскільки після виготовлення можуть «настроюватися» лазерами на потрібну характеристику з мінімальними допусками (рис. 2.35).



1 – терморезистор NTC;
2 – терморезистор PTC;
 t – температура; R – опір

Рисунок 2.34 – Характеристики температурних датчиків



1 – допоміжний контакт; 2 – міст;
 R_{Ni} – нікелевий пластинчатий резистор; $R(t)$ – опір, який залежить від температури t ; R_1 і R_2 – резистори настроювання

Рисунок 2.35 – Металоплівковий терморезистор

Пошарова технологія дозволяє застосовувати кераміку, скло, пластикову плівку як основний матеріал і пластик, фарбу, фольгу, скло, кераміку як покриття. Металеві плівки менш чутливі до змін температури (табл. 2.5), ніж кераміко-оксидні напівпровідникові датчики, проте мають інші переваги: лінійність характеристики, стабільність результатів.

Таблиця 2.5 – Діапазон вимірюваних температур тонкоплівкових резисторів (РТС)

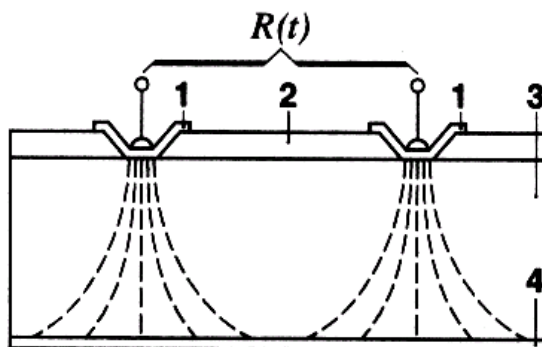
Матеріал датчика	Температурний коефіцієнт	Діапазон температур
Ni	$5,1 \cdot 10^{-3}/K$	- 60...320°C
Cu	$4,1 \cdot 10^{-3}/K$	-50...200°C
Pt	$3,5 \cdot 10^{-3}/K$	- 220...850°C

Температурний коефіцієнт розраховують за формулою

$$TK = [R(100^{\circ}C) - R(0^{\circ}C)] / [R(0^{\circ}C) \cdot 100K].$$

Товстоплівкові резистори (РТС/ВТС) мають товстоплівкові покриття з високим питомим опором (малою площею поверхні) і додатними та від'ємними температурними коефіцієнтами в температурних датчиках, які використовуються, головним чином, з метою компенсації. Вони мають нелінійні характеристики (проте, без екстремальної кривизни масивних резисторів NTC) і допускають лазерне підстроювання. Ефективність вимірювання можна підвищити, формуючи в матеріалах NTC і РТС ланцюги ділників напруги.

Монокристалічні кремнієві напівпровідникові резистори (РТС) мають чутливість вимірювання в два рази більшу, ніж у платинового резистора ($TK = 7.73 \cdot 10^{-3} / K$). Проте характеристика менш лінійна, ніж у металевого датчика. Застосування кремнію дозволяє об'єднати додаткові активні і пасивні ланцюги в кристалі датчика (рис. 2.36).



1 – контакти; 2 – пасиватор (нітрид, оксид); 3 – кремнієва підкладка; 4 – електрод, що не підключається; $R(t)$ – температурно-чутливий резистор

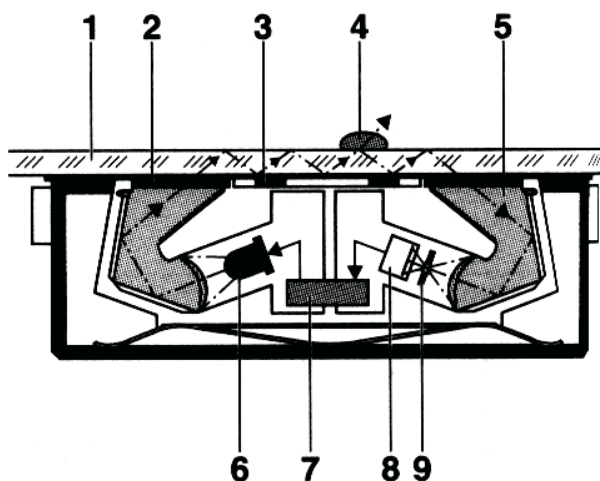
Рисунок 2.36 – Кремнієвий напівпровідниковий резистор

Датчики забруднення дозволяють вимірювати рівень забруднення розсіювача фари для включення автоматичної системи очищення лінзи. Фотоелектричний датчик екранування відбитого світла складається з джерела світла (світлодіод) і приймача світла (фототранзистор). Джерело розташоване на внутрішній стороні лінзи в межах поверхні, що

очищається, проте не на шляху основного світлового променя. Якщо лінза чиста або покрита краплями дощу, промінь, що випромінюється світлодіодом, проходить через розсіювач без перешкод. Тільки незначна частина відбивається назад – до приймача світла. Якщо він наштовхується на частинки грязі на зовнішній поверхні лінзи, то відбивається назад до приймача з інтенсивністю, прямо пропорційною ступеню забруднення; очищувач фари включається досягши певного рівня забруднення.

Дощовий датчик (рис. 2.37) розпізнає краплі води на вітровому склі для автоматичного включення склоочисників. Такий пристрій дозволяє водієві зосередити увагу на виконанні інших, важливіших дій з керування автомобілем, позбавляючи його від необхідності керування склоочисниками, але водій може використовувати і ручне керування.

Датчик складається з оптичної лінії передачі і приймального каналу (подібно до датчика забруднення). В даному випадку промінь світла спрямований на скло під деяким кутом. Суха зовнішня поверхня скла повністю відбиває світло назад до приймача, який також встановлений під кутом. Водяні краплі на зовнішній поверхні скла розсіюють світло, ослабляючи, таким чином, сигнал. Ця система реагує також і на забруднення, що перевищують поріг спрацьовування.



1 – вітрове скло; 2 – оптичний зв'язок; 3 – обігрівач; 4 – краплі дощу; 5 – світловод;
6 – світлодіод; 7 – електронний пристрій; 8 – фотодіод; 9 – екран

Рисунок 2.37 – Дощовий датчик

В майбутньому знайдуть застосування датчики: наземно-натурні (навігація); вологості (контроль пневмоприводу гальм, виявлення льоду на поверхні дороги, визначення кліматичних умов в дорозі, салоні); вміст CO (у салоні); палива (розпізнавання палива); частоти обертання коліс, вбудовані в підшипники, для систем ABS/ASR і Motronic; високого тиску для паливної магістралі систем Common-rail дизелів і двигунів з іскровим запаленням.

2.4 Електронні блоки керування, мікрокомп'ютери

Необхідність контролю в режимах відкритого і закритого контурів існує для цілого ряду підсистем, які застосовуються на сучасних транспортних засобах і забезпечують функціонування машини, безпеку її руху, сумісність з навколишнім середовищем і комфорт пасажирів. Датчики контролюють початкові параметри, які потім електронний блок керування (ЕБК) перетворює в сигнали, необхідні для роботи виконавчих механізмів. Сигнали можуть бути аналоговими (тиск, температура), цифровими (положення перемикача) або імпульсними (інформація, що генерується періодично, наприклад, сигнали обмеження частоти обертання); вони проходять первинну обробку (фільтрація, посилення, побудова періодичності, оцифровування – аналого-цифрове перетворення), щоб стати придатними для електронних блоків керування. Зазвичай використовуються цифрові методи обробки сигналів.

Сучасні напівпровідникові технології дозволяють складати з обмеженого числа мікросхем потужні комп'ютерні блоки з вбудованою пам'яттю для програм і даних і спеціальними периферійними схемами, розробленими для додатків, що працюють в реальному часі.

Сучасні автомобілі мають цифрові ЕБК в таких системах, як запалення, впорскування палива, антиблокувальна система (АБС, ABS) і керування трансмісією. Поліпшення характеристик і допоміжні функції здійснюються шляхом синхронізації процесів, керованих окремими ЕБК, і взаємною адаптацією характеристик в реальному часі. Приклад такого типу функції: ECU, призначений для протибуксовочної системи (anti-slip regulation system (ASR)), зменшує крутний момент на ведучих колесах при їх пробуксовуванні.

До цих пір потоки даних між блоками ЕБК (у прикладі, наведеному вище, суміщені системи ABS/ASR і керування двигуном) пропускалися виключно по своїх індивідуальних каналах. Проте такий підхід придатний тільки для обмеженого числа сигналів. Потенціал передачі даних між окремими ECU можна підвищити завдяки спрощеній мережевій топології, призначеній для послідовної передачі даних в автомобільних системах.

Мікрокомп'ютери містять як власне процесор (CPU) для виконання арифметичних і логічних операцій, так і спеціалізовані модулі для обробки зовнішніх і формування керуючих сигналів (рис. 2.38). Ці периферійні модулі забезпечують повне керування операціями в реальному часі; програмно-керований центральний процесор міг би керувати цими операціями тільки шляхом ускладнення і обмеження кількості функцій.

Продуктивність CPU визначається такими чинниками: внутрішньою тактовою частотою; середнім числом тактів, необхідних для виконання інструкцій – 1...32, залежить від архітектури CPU (для додавання – 6 тактів, для множення - 32); архітектурою і довжиною слова – 4...32 біт, тактова частота – 1...20 МГц.

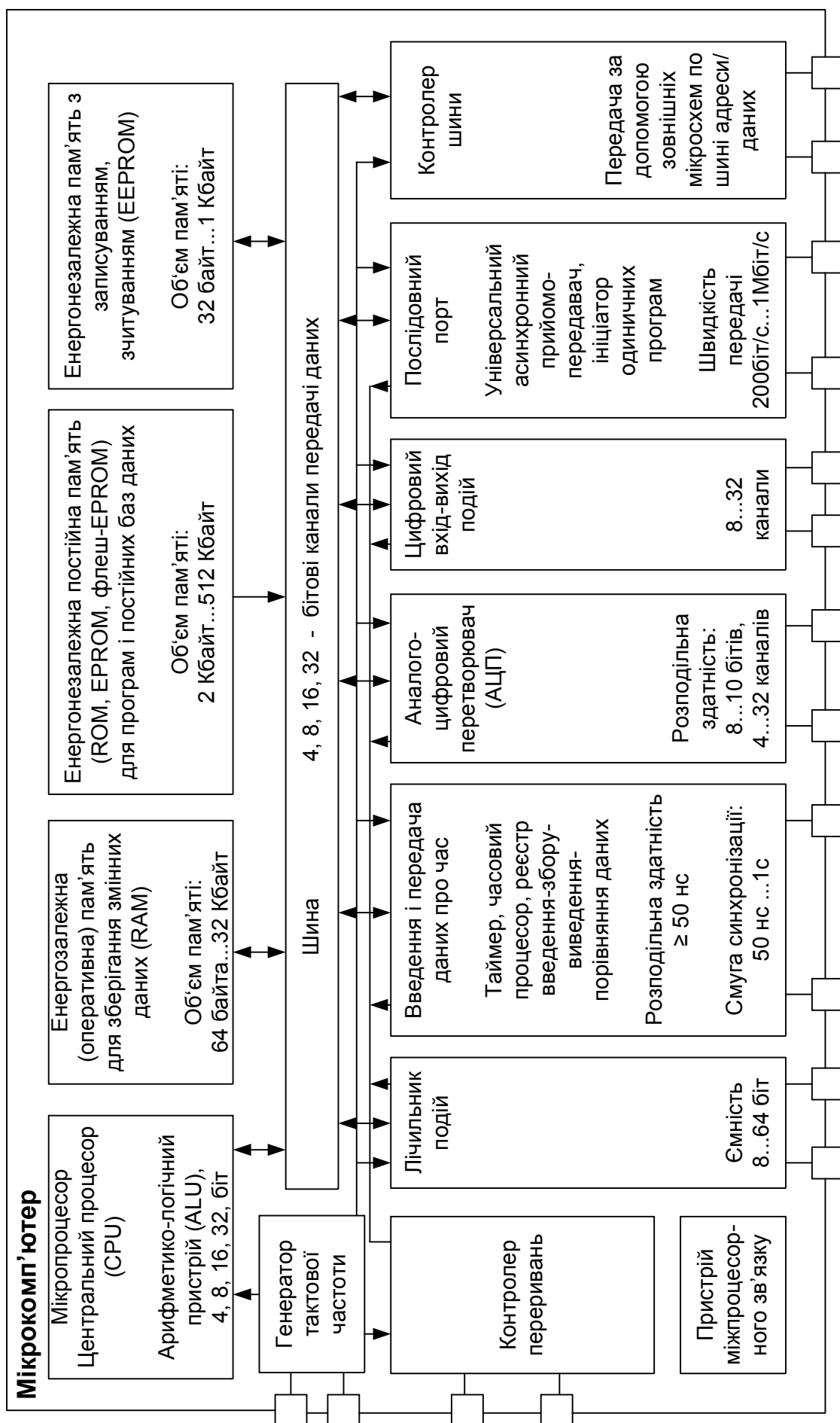
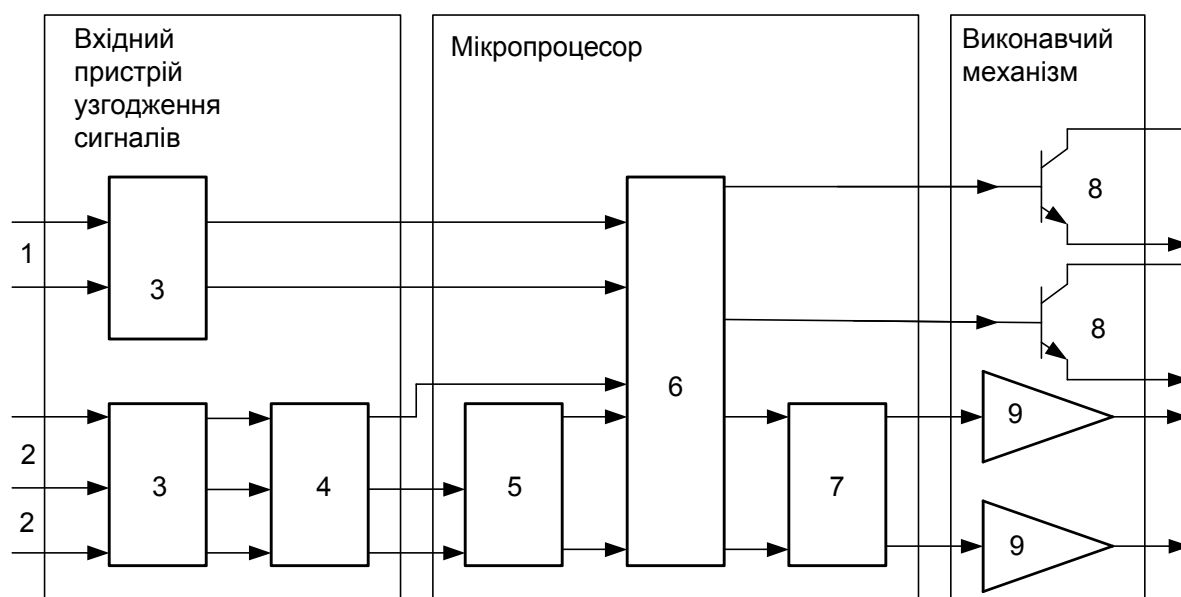


Рисунок 2.38 – Структурна схема мікрокомп'ютера

В електронний блок керування поступають цифрові вхідні сигнали, які реєструють положення перемикача або поступають від датчиків (наприклад, датчика Холла) з діапазоном напруги від нуля до напруги акумулятора; сигнали від аналогових датчиків (лямбда-зонд, датчики тиску, потенціометри) з діапазоном напруги від декількох мВ до 5 В; імпульсні вхідні сигнали від індуктивних датчиків частоти обертання з діапазоном напруги від 0,5 до 100 В, вони оцифровуються для подальшої обробки.

Початкове узгодження вхідних сигналів виконується за допомогою захищених ланцюгів і фільтрів. Захищені ланцюги (пасивні: R і R/C -ланцюги; активні: спеціальні напівпровідникові елементи, стійкі до високої напруги) використовуються для зниження напруги сигналів до прийнятного рівня. Фільтри дозволяють видалити велику частину перешкод, потім сигнали посилюються до вхідної напруги мікропроцесора. Діапазон напруги: 0 - 5В.

В ECU сигнали зазвичай обробляються в цифровому вигляді (рис. 2.39). Короткі періодичні сигнали реального часу обробляються в апаратних модулях, призначених для різних функцій. Такі дані, як відлік тактів або час конкретної події, передаються через регістри в CPU для подальшої обробки. Це істотно скорочує вимоги до характеристики переривання центрального процесора (мкс-діапазон).



1 – цифровий вхідний сигнал; 2 – аналоговий вхідний сигнал; 3 – захисний ланцюг; 4 – підсилювач, фільтр; 5 – аналогово-цифровий перетворювач; 6 – цифрова обробка сигналів; 7 – цифро-аналоговий перетворювач; 8 – силовий вихід; 9 – підсилювач потужності

Рисунок 2.39 – Обробка сигналу в ECU

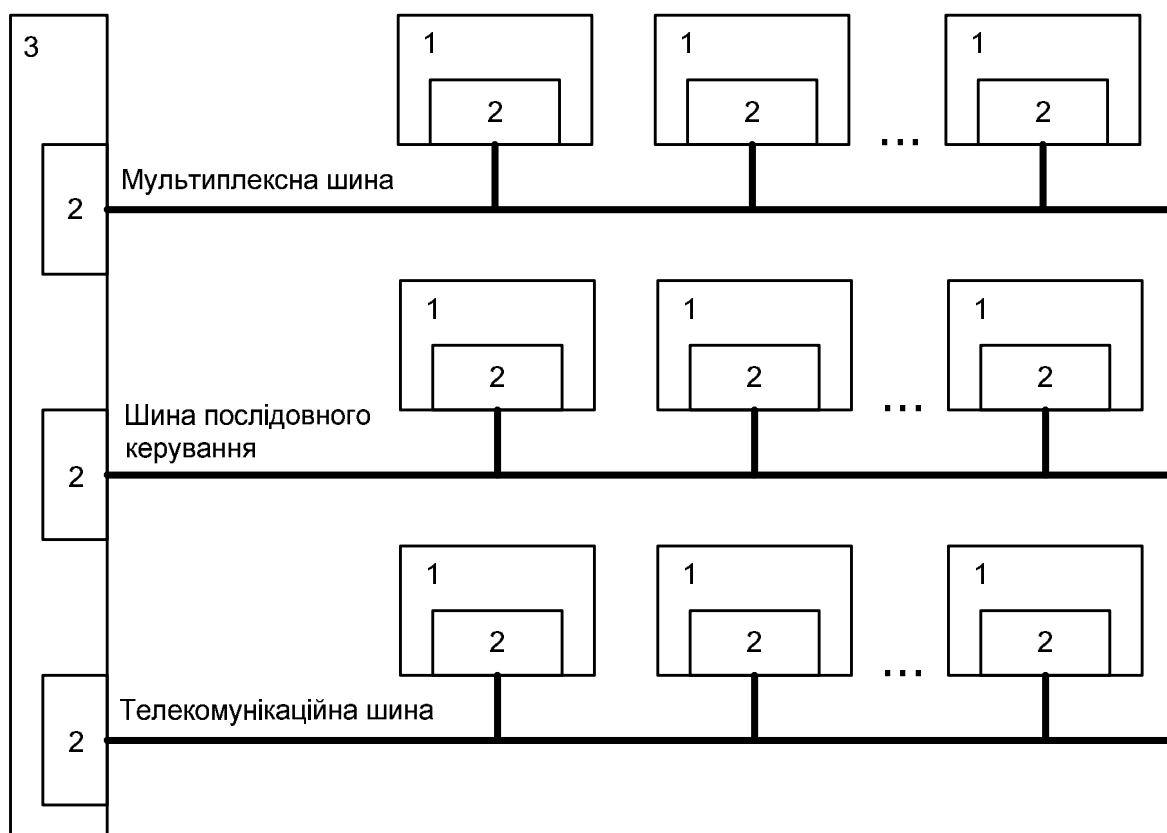
Час, необхідний для виконання розрахунків, визначається системою керування у відкритому і закритому контурах (мс-діапазон).

Програмне забезпечення містить необхідні алгоритми. Залежно від даних, в ньому може встановлюватися майже необмежене число логічних операцій для зберігання і обробки у вигляді параметрів, характеристик і багатовимірних програмних карт.

Силові виходи і вихідні підсилювачі дозволяють збільшити потужність вихідних сигналів мікропроцесора (від 0 до 5 В, декілька мА) до рівнів, необхідних виконавчим механізмам (до напруги акумулятора, струму в декілька А).

Електронні мережі транспортних засобів будуються на основі логістичної концепції Cartronic. Вона припускає підрозділення системи електроустаткування автомобіля на зручно-вимірні підсистеми. Агрегати або вузли з тісно пов'язаними функціями (блоки з високою швидкістю взаємного обміну даними) з'єднуються в підмережі. Така концепція веде до підмереж із змінними вимогами до пропускної спроможності, хоча передача даних залишається сумісною.

В межах логічного рівня всі відомі системи зв'язку, розроблені для автомобілів, ґрунтуються на єдиній схемі послідовного включення блоків ЕБК. У структурній схемі як канал передачі даних від блока до блока використовуються однопровідні або різні двопровідні інтерфейси (рис. 2.40).



1 – блок керування; 2 – контролер шини; 3 – шлюз

Рисунок 2.40 – Інтерфейси шин

Протокол включає спеціальний набір команд для керування передачею даних між ЕБК. Коди доступу до шини, структура повідомлень, передача даних, розпізнавання помилок і визначення помилкових користувачів (CAN) вже стандартизовані.

Швидкість передачі даних:

- мультиплексна шина: 10 Кбіт/с ... 125 Кбіт/с.;
- шина послідовного управління: 125 Кбіт/с ... 1 Мбіт/с;
- телекомунікаційна шина: 10 Кбіт/с... 125 Кбіт/с.

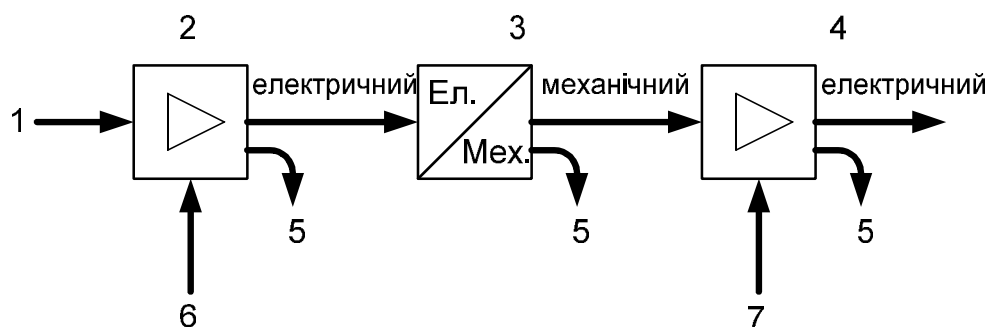
Період, який протікає між запитом, посланим передавачем, і прийомом цільовою станцією безпомилкового повідомлення:

- мультиплексна шина: 0,5 мс ... 100 мс;
- шина послідовного управління: 5,0 мкс ... 10 мс;
- телекомунікаційна шина: 0,5 мс... 100 мс.

2.5 Виконавчі механізми електронних систем

Виконавчі механізми (industrious mechanism) (кінцеві елементи керування) формують зв'язок між електричним сигналом процесора і реальною дією (рис. 2.41). Вони перетворюють малопотужні сигнали, що передають інформацію про розташування елементів виконання, в робочі сигнали відповідного для процесу керування енергетичного рівня. Конвертори сигналу об'єднані з елементами підсилювача для того, щоб використовувати фізичні принципи перетворення, які керують взаємозв'язком між різними формами енергії (електричною – механічною – рідинною – тепловою).

Транзисторний виконавчий механізм – елемент з електронною схемою для обробки сигналів керування. Має вхід допоміжної енергії і секції виходу енергії. Сервокомпонент подібний до наведеного вище, проте має ще здатність обробки неелектричних сигналів.



1 – інформація; 2 – транзисторний виконавчий механізм; 3 – соленоїд керування;
4 – клапанна коробка; 5 – втрати; 6 – зовнішня електроенергія; 7 – зовнішня гідроенергія

Рисунок 2.41 – Основна структура виконавчих механізмів

Електромеханічні виконавчі механізми (рис. 2.42) класифікують за типом перетворення енергії. Енергія, що отримується від джерела, перетворюється в енергію магнітного або електричного поля, або перетворюється на тепло. Принцип отримання сили впливу, який визначається цими формами енергії, оснований на використанні силових полів або деяких специфічних характеристик матеріалів. Магніто-стрикційні матеріали дають можливість розробити виконавчі механізми для застосування в діапазоні мікропереміщень; п'єзоелектричні виконавчі механізми також належать до цієї категорії. Теплові виконавчі механізми залежать виключно від характеристик конкретних матеріалів.

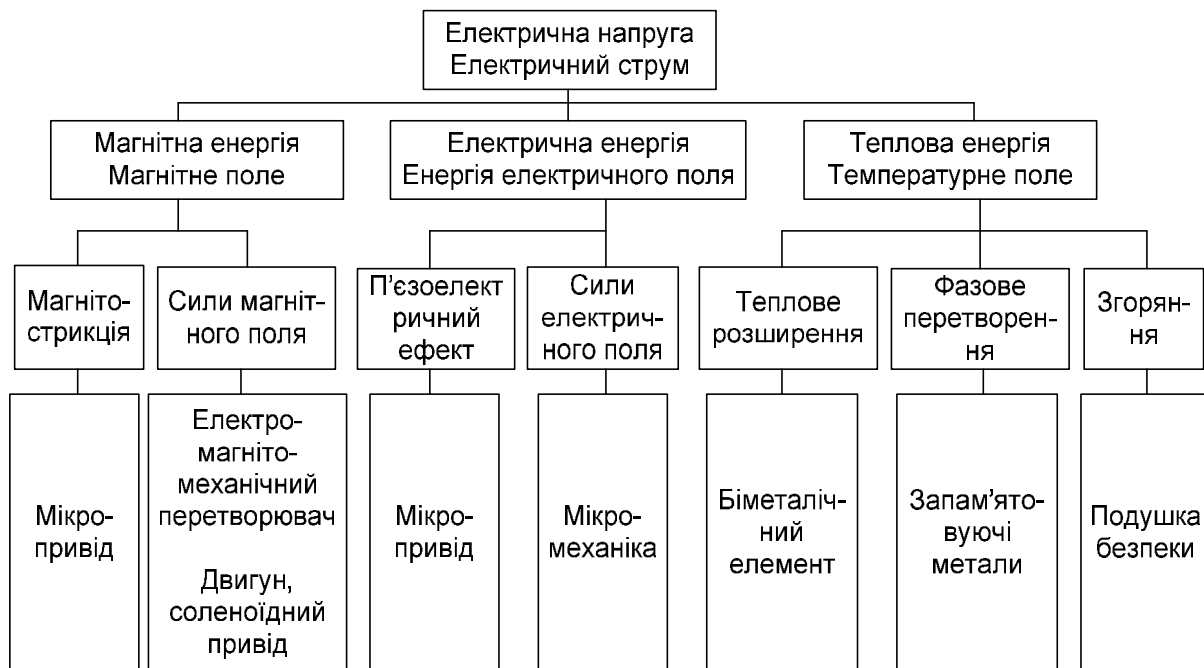


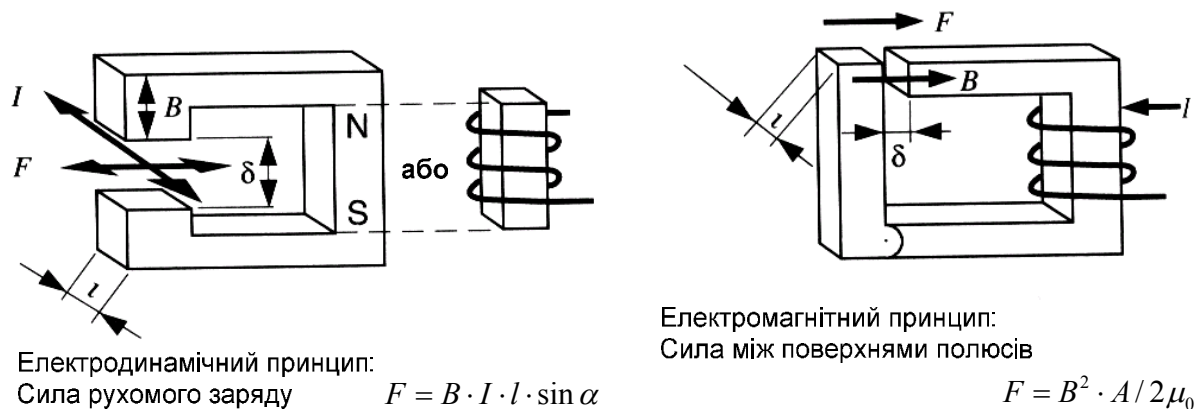
Рисунок 2.42 – Електромеханічні виконавчі механізми (система)

Автомобільні виконавчі механізми є, головним чином, електромагнітними механізмами у вигляді електродвигунів, а також втяжних поворотних соленоїдів (електромагнітів) (solenoid). Винятком є піротехнічна система надування подушки безпеки. Соленоїдні виконавчі механізми можуть бути самостійними сервоелементами або виконувати функції керування, направляючи роботу силового пристрою (наприклад, гідромеханічного).

Відмінність між електродинамічним і електромагнітним принципами дії виконавчого механізму витікає із способу створення сил в магнітному полі (рис. 2.43). Загальним для обох принципів є магнітний ланцюг, що формується магнітом'яким матеріалом і котушкою для збудження магнітного поля. Головна відмінність закладена у величині самої сили, що створюється в пристрої за технічно доступних умов.

Електродинамічні пристрої основані на силі, що діє на рухомий заряд або провідник із струмом в магнітному полі (сила Лоренца). Котушка або постійний магніт генерують постійне магнітне поле.

Електрична енергія, призначена для отримання сили, прикладається до рухомої обмотки ротора (плунжер або імерсійна котушка). Висока точність виконавчого механізму досягається особливістю конструкції обмотки ротора, що має малу масу і низьку індуктивність. Два акумулюючих елементи (один на закріпленому, інший на рухомому компоненті) виробляють сили, що діють в двох напрямках через реверсування струму в обмотках якоря і збудження. Постійний магніт (ферит, SmCo і т.д.), що створює поле збудження, має характеристики проникності поля, такі ж як у вакуумі. Вторинне поле, що створюється струмом якоря в розімкненому магнітному ланцюзі, розмагнічує його. Можна сказати, що сила (момент) електродинамічного виконавчого механізму приблизно пропорційна струму і не залежить від переміщення.



A – площа поверхні полюса/поршня, мм²; B – магнітна індукція, Тл; F – сила, Н;
 I – електричний струм, А; l – довжина провідника в полі, мм; δ – величина зазору, мм;
 α – кут між напрямком проходження струму і магнітними силовими лініями;
 μ_0 – постійна магнітної проникності

Рисунок 2.43 – Способи створення сил в магнітному полі

Електромагнітний принцип базується на взаємному тяжінні м'яких феромагнетиків в магнітному полі. Електромагнітні виконавчі механізми оснащуються тільки однією котушкою, яка створює поле і споживає енергію, що йде на перетворення. Для підвищення індуктивності котушка оснащена залізним сердечником. Оскільки сила пропорційна квадрату магнітної індукції, пристрій працює тільки в одному напрямку, тому потрібний поворотний елемент (пружина або магніт).

Динамічна характеристика або відклик на включення електромеханічного приводу описується диференціальним рівнянням для електричних схем і рівняннями Максвела, за якими визначається залежність сили струму від переміщення.

Електричне коло, як правило, складається з індуктора з активним опором. Одним із засобів покращення динамічної характеристики є перезбудження індуктора у момент активізації, тоді як зменшення струму може бути прискорене стабілітроном. У будь-якому випадку поліпшення

характеристики досягається за рахунок додаткових витрат і втрат в електронних засобах запуску виконавчого механізму. Дифузія поля є одним із стримуючих чинників, на який важко впливати в приводах з високими динамічними характеристиками. Операції швидкого перемикання супроводжуються ВЧ-пульсацією поля в магнітом'якому матеріалі магнітного кола приводу. Ці коливання, у свою чергу, наводять вихрові струми (наростання і загасання магнітного поля). Результуюча затримка в наростанні і зменшенні сил може бути скорочена тільки вибором матеріалу з низькою електричною провідністю і проникністю.

Електромагнітний виконавчий механізм поступальної ходи має соленоїд з втяжною силою, яка зменшується пропорційно квадрату переміщення (рис. 2.44). Форма кривої визначається типом робочого зазору (наприклад, конічного або імерсійного якоря).

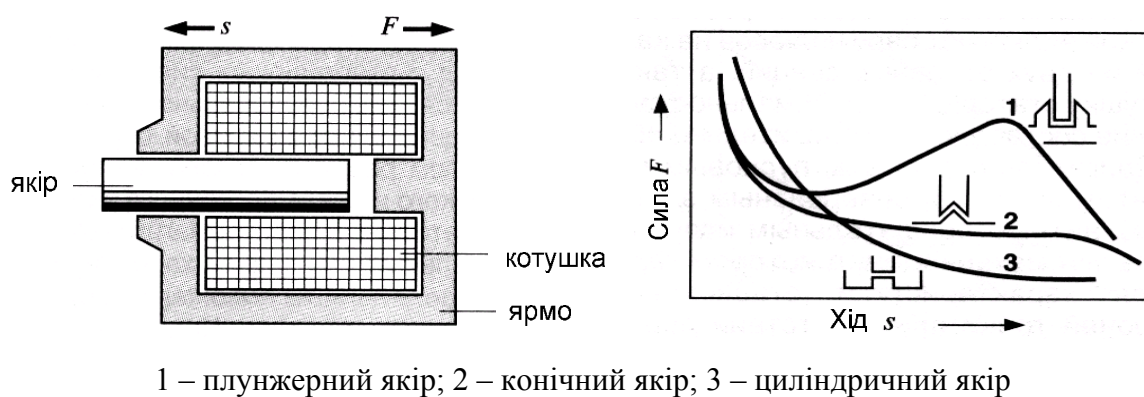
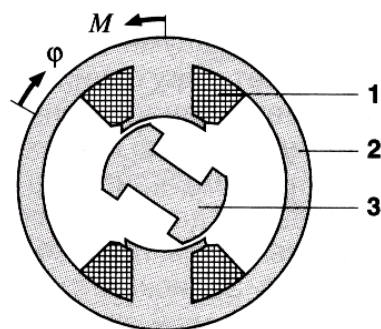


Рисунок 2.44 – Втяжний соленоїд та його характеристики

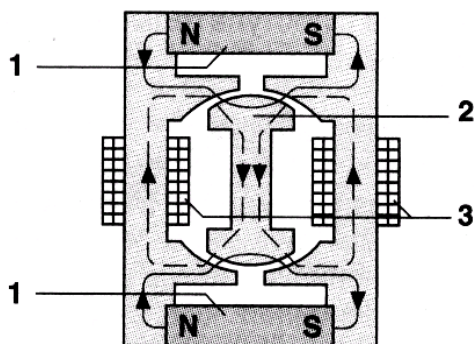
Поворотні електромагнітні виконавчі механізми характеризуються певним положенням полюсів в статорі і роторі (рис. 2.45). Коли струм прикладається до однієї з котушок, то роторні і статорні полюси притягуються і виникає крутий момент. Обертальні приводи з простою обмоткою включають пари полюсів на кожній з двох основних секцій, а також котушку статора. Їх максимальне зміщення складає приблизно 45° .

Двигун з великим пусковим моментом є реверсивним електромагнітним обертальним виконавчим механізмом, в якому задаються характеристики стаціонарної робочої точки за відсутності протилежно направлених сил (рис. 2.46). Стан ротора підтримується в стаціонарному положенні за допомогою дії поля постійного магніту в статорі. Магнітне поле, що генерується однією або двома обмотками статора, створює крутий момент і забезпечує односторонню компенсацію магнітного поля збудження. Така схема найбільш підходить для випадків, коли потрібно отримати значні сили при невеликих кутах повороту. Залежність між прикладеною силою струму і моментом двигуна є приблизно лінійною. Принцип дії двигуна з великим пусковим моментом також використовується для виконавчих механізмів з поступальним напрямком руху.



1 – обмотка; 2 – статор; 3 – ротор; φ – контрольний кут; M – крутний момент

Рисунок 2.45 – Електромагнітний поворотний виконавчий механізм

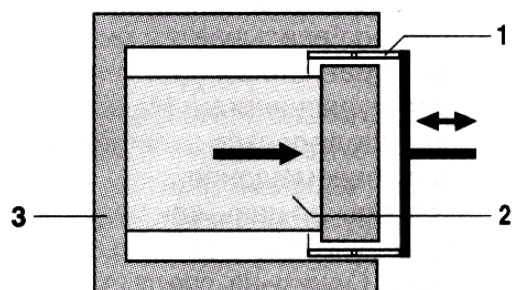


1 – магніти; 2 – ротор; 3 – обмотки керування

Рисунок 2.46 – Двигун з великим пусковим моментом

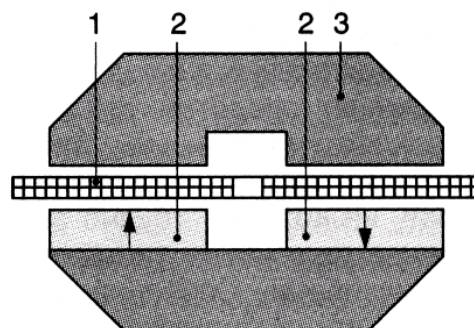
Виконавчий механізм з імерсійною котушкою (рис. 2.47) функціонує, коли циліндрична імерсійна котушка (обмотка якоря) рухається в заданому робочому зазорі. Діапазон переміщення визначається осевим розміром обмотки якоря і робочим зазором.

Короткотактний лінійний двигун (рис. 2.48) є виконавчим механізмом з практично круглою дисковою котушкою.



1 – імерсійна котушка; 2 – постійний магніт; 3 – ярмо

Рисунок 2.47 – Електродинамічний привід з імерсійною котушкою



1 – котушка; 2 – постійний магніт; 3 – ярмо

Рисунок 2.48 – Електродинамічний короткотактний лінійний двигун

Розрізняють виконавчі механізми з однією або двома статорними обмотками. Обидва типи містять постійний магніт в роторі і одну або дві статорні обмотки. Магніт ротора, намагнічений на обох кінцях, створює в робочому зазорі магнітний потік, що взаємодіє із струмом якоря і створює крутний момент. Діапазон переміщень складає менше $\pm 45^\circ$. В однообмоткового поворотного виконавчого механізму він визначається силовими вимогами і кутовим діапазоном, для якого потрібна певна щільність потоку. Двообмотковий поворотний виконавчий механізм являє собою з'єднання двох поворотних однообмоткових виконавчих механізмів із зсувом обмоток на 90° по колу статора. Він призначений для створення зусиль, які протидіють крутному моменту. Стабільна робоча точка досягається в нульовій точці переходу на результуючій криві крутного моменту.

Електромеханічні виконавчі механізми є елементами безпосереднього керування, вони служать для перетворення електричного сигналу на механічне переміщення або роботу без будь-якого проміжного пристрою перетворення. Типове застосування – переміщення заслінок, котушок і клапанів. Описувані приводи не здатні до самоповернення (не мають стійкої робочої точки), вони здатні виконувати тільки позиційні операції з постійного початкового положення (робоча точка) в тому випадку, якщо прикладена протидіюча сила (поворотна пружина).

Гідромеханічні виконавчі механізми (гідро- і пневмоприводи) використовують схожі принципи із перетворення і регулювання енергії. Відмінності в характеристиках і видах застосування наведені в таблиці 2.6.

Системи найчастіше будуються на принципах гідростатичних перетворювачів енергії. Вони виконують переміщення, перетворюючи енергію тиску рідкого середовища в механічну роботу і навпаки.

Таблиця 2.6 – Характеристики гідромеханічних виконавчих механізмів

Показники	Гідравлічний виконавчий механізм	Пневматичний виконавчий механізм
Середовище	Рідина для гідросистем, звичайне мастило поступає з бака мастиловідстійника; практично не стискується; самозмащування; в'язкість сильно залежить від температури	Газ, зазвичай повітря поступає з навколишнього середовища; стискується; потребує додаткового мастила; флуктуації в'язкості малі
Тиск	Приблизно до 30 МПа	Приблизно до 1 МПа (приблизно більше 0,05 МПа для вакуумних приводів)
Лінія під'єднання	Напірна і зливна додаткова лінія	Тільки підведення тиску. Повернення безпосередньо в навколишнє середовище
Види застосування	Приводи з жорсткими вимогами за навантаженням, синхронізація і позиціонування в закритій (замкнутій) системі керування	Приводи з обмеженими вимогами щодо зусилля, механічне позиціонування, робота у відкритій системі керування

Гідродинамічні перетворювачі працюють за принципом перетворення енергії потоку (кінетичної енергії рухомої рідини) в механічну роботу (наприклад гідромуфта). Втрати під час роботи є наслідком витоків і тертя. Рідинно-теплові втрати викликаються гідродинамічним опором, при якому дія дроселя (шайби, яка звужує потік) перетворює гідравлічну енергію в тепло. Частина тепла розсіюється в навколишньому середовищі, а деяка його частина поглинається робочою рідиною.

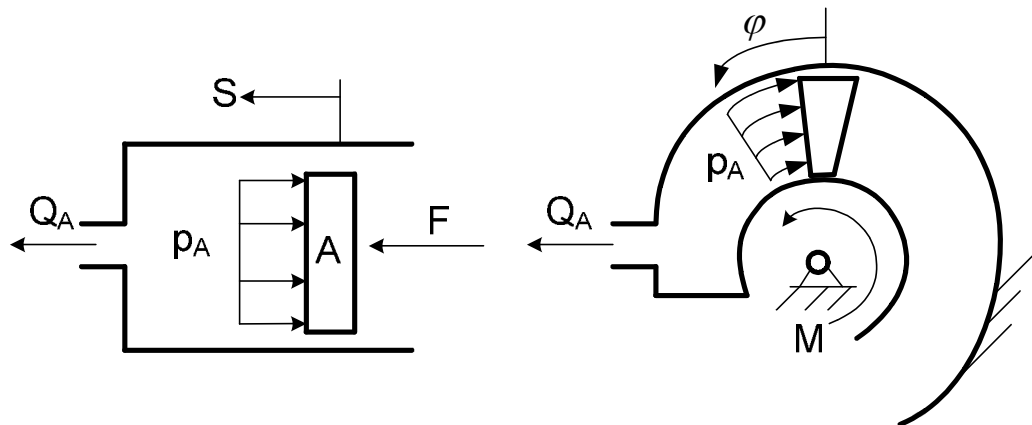


Рисунок 2.49 – Гідромеханічний виконавчий механізм

$$F = p_A \cdot A; S = Q_A / A; M = (p_A \cdot V_{BO}) / 2\pi; \varphi = (Q_A / V_{BO}) \cdot 2\pi$$

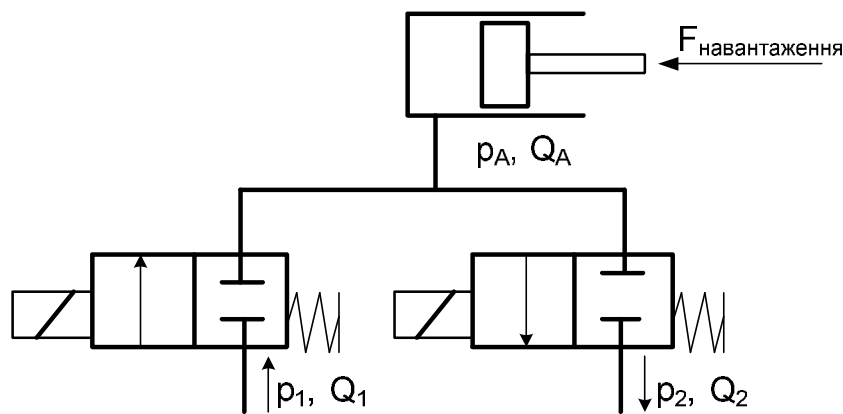


Рисунок 2.50 – Регулювання енергії за допомогою клапанів контролю напрямку

Турбулентність виникає там, де рідина протікає через ділянки обмеження для руху потоку (наприклад через дроселі). Швидкість потоку середовища тоді не залежить значною мірою від в'язкості. З іншого боку, в'язкість не відіграє тієї ролі, як при ламінарній течії у вузьких трубках і отворах.

Гідромеханічні підсилювачі керують процесом переходу енергії з гідравлічної в механічну. Регулювальний механізм повинен керувати тільки відносно малим потоком енергії, необхідним для остаточного позиціонування клапанів.

За допомогою перемикальних клапанів відкривається (закривається) отвір, що керує потоком до (від) гідромеханічного перетворювача енергії. При достатньому відкритті отвору дросельні втрати залишаються незначними. Для отримання можливості безперервного керування гідромеханізмом з фактичною відсутністю втрат може використовуватися модульована тривалість імпульсу відкриття і закриття. Проте насправді флуктуації тиску і механічний контакт між компонентами клапана створюють небажаний шум і вібрацію.

Таблиця 2.7 містить порівняльні характеристики дев'яти різних типів виконавчих механізмів.

Таблиця 2.7 – Характеристики виконавчих механізмів

Тип виконавчого механізму	Хід %	Зсув, Н/мм ²	Швидкість м/с	Щільність сил керування/такт, Вт/см ³	Середня щільність сил керування, мВт/см ³	Ефективність %
Гідравлічний циліндр	30	21	0,25	9	3020	92
Пневматичний циліндр	76	1	1	3,5	1180	88
Двигун постійного струму	70	0,007 ²	6 ³	0,8	791	50
Ультразвуковий двигун	70	0,06 ²	0,35 ³	0,13	133	16
П'єзоелектричний виконавчий механізм	0,09	30	2 ⁴	15,6	61	7
Сплав з пам'яттю	4	50	0,002	0,32	53	0,3
Втягувальний електромагніт ¹	0,8	2,2	0,5	8	44	5
Магнітострикційний виконавчий механізм	0,09	22	1,5	1,6	5,4	5
Соленоїд лінійної дії	21	0,1	0,16	0,12	4,1	5
¹ З охолодженням палива; ² – бічний зсув в зазорі ротора/зазорі тертя; ³ колова швидкість ротора; ⁴ – теоретична межа						

Робочим діапазоном є відношення ходу до довжини тієї частини приводу, де виробляється енергія. Ефективний хід (70% від довжини шпинделя) береться за діапазон ходу для двигунів обертання.

Зсув є лінійною силою, співвіднесеною з поверхнею, до якої вона генерується (поверхнею поперечного перерізу п'єзоелектричних пристроїв, поверхнею зазору котушки, внутрішньою поверхнею гідроциліндра). Сила обертання ротора і його поперечна поверхня використовуються для розрахунку бічного зсуву в електродвигунах. Визначається як відношення величини керованого переміщення до тривалості керованого імпульсу. Для роторних двигунів - колова швидкість ротора.

Середня щільність сил керування – термічно-допустима керуюча сила віднесена до одиниці об'єму.

Щільність сили керування, що доводиться на такт, – це максимальна сила керування, що створюється протягом одного такту і віднесена до одиниці об'єму.

Рівень ефективності дорівнює підведеній енергії, яка ділиться на енергію, передану виконавчому механізму, без урахування втрат, пов'язаних з дією електронних або інших блоків керування. Рециркуляція енергії (в п'єзоелектричних виконавчих механізмах), не враховується.

Гідроприводи, що мають надзвичайно високі потенційні показники ходу, зсуву і в'язкості, використовуються переважно для тривалих і важких режимів роботи.

В електродвигунах невеликі сили магнітного поля компенсуються високими швидкостями обертання, таким чином можна отримати високий рівень щільності сил при тривалому впливі. Не дивлячись на обмежений хід, п'єзоелектричні виконавчі механізми здатні створювати великі сили, тому вони найбільше підходять для отримання коротких піків високої енергії.

Лінійні соленоїди мають значні теплові втрати в котушці; з охолодженням вони розвивають середній рівень щільності сил, зіставних з рівнями твердотільних виконавчих механізмів.

2.6 Реалізація законів керування в автомобільних системах

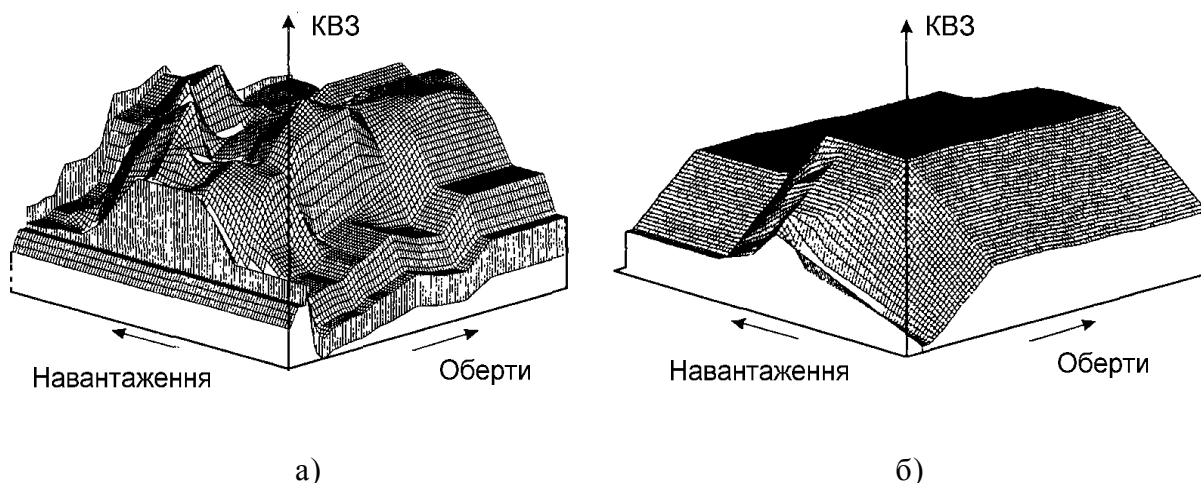
Реалізація законів керування в автомобільних системах здійснюється за допомогою функціональних і лінгвістичних перетворювачів.

Функціональний перетворювач (functional changer) це пристрій або програма, яка реалізовує залежність $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, де y – вихідна величина; x_i – вхідні величини, $f(\dots)$ – залежність, що реалізується.

Наприклад, кут випередження запалення (КВЗ) визначається як функція обертів двигуна і навантаження: $\text{КВЗ} = f(\text{оберти, навантаження})$. Функціональне перетворення виконується механічним пристроєм (відцентрово-вакуумним регулятором) або підпрограмою в сучасному електронному блоці керування двигуна.

Автомобільні системи керування – складні пристрої, в яких враховується значення багатьох параметрів. Багатопараметрові математичні моделі для більшості автомобільних систем керування не розробляються. В цих умовах залежності між вхідними і вихідними параметрами керування, які реалізуються в автомобільних системах, синтезуються на основі інженерного досвіду та експериментальних досліджень, а корисна інформація подається у вигляді багатовимірних калібрувальних діаграм (рис. 2.51).

На рис. 2.51, а, показана тривимірна калібрувальна діаграма, що реалізовується в ЕБК автомобільного двигуна при визначенні КВЗ [18]. На рис. 2.51, б, показана менш інформативна аналогічна залежність, яка реалізовується відцентрово-вакуумним автоматом. Такі калібрувальні діаграми називаються тривимірними характеристиками запалення (ТХЗ).



а) – для ЕБК двигуна; б) – реалізована відцентровим і вакуумним регуляторами

Рисунок 2.51 – Тривимірні характеристики запалення

Для керування подачею палива в ECU сучасного автомобільного двигуна використовується близько 50 різних тривимірних калібрувальних діаграм [19]. Окрім ТХЗ застосовуються калібрувальна діаграма для визначення значень коефіцієнта надлишку повітря, діаграми з корегуючою інформацією за напругою бортової мережі, температурою двигуна, палива, повітря і так далі [18]. Ведуться розробки зі створення тривимірних характеристик для управління фазами газорозподілу поршневого двигуна [7].

Разом із застосуванням тривимірних калібрувальних і коректувальних діаграм в автомобільних електронних системах автоматичного керування (ЕСАК) знаходять застосування лінгвістичні функціональні перетворювачі, вхідними і вихідними параметрами для яких є так звані лінгвістичні змінні.

Лінгвістична змінна (linguistic variable) – це змінна, поточними значеннями якої є нечіткі підмножини, виражені у формі слів або речень на природній або штучній мові. На відміну від класичної теорії множин, в якій, використовуються поняття належності або неналежності елементу до множини, теорія нечітких множин допускає різний ступінь належності, визначуваний функцією належності елементу, значення якої змінюються в інтервалі $[0,1]$. Межі інтервалу характеризують відповідно повну належність до нуля або повну належність до одиниці елементу нечіткої множини.

Як приклад розглянемо систему керування обертами вентилятора опалювача в салоні автомобіля залежно від фактичної температури і заданої споживачем на пульті клімат-контролю. Розглянемо температуру в салоні автомобіля як лінгвістичну змінну T_v (рис. 2.52).

Тоді вхідними лінгвістичними змінними будуть фактичні температура в салоні T_v і температура T_z , що задається користувачем на панелі клімат-контролю.

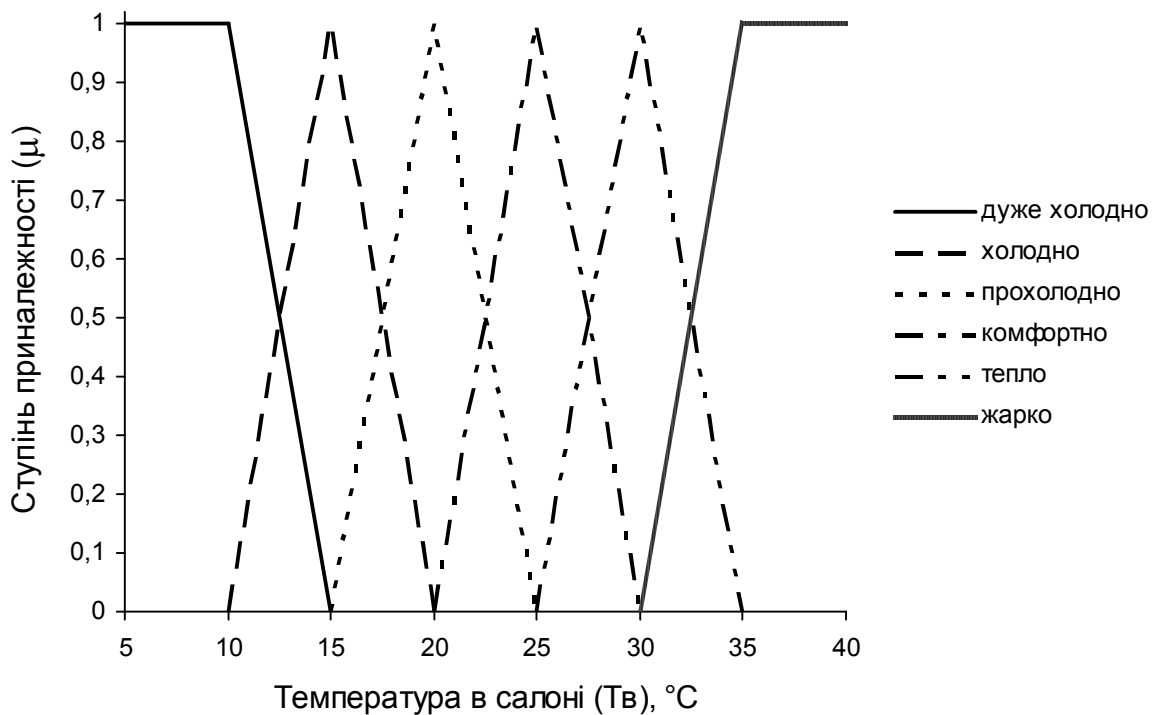


Рисунок 2.52 – Лінгвістична змінна Тв

Значення лінгвістичних змінних описуються словами природної мови і називаються термами (term). Вважається, що для більшості випадків достатньо мати 3-7 термів на кожен змінну. Лінгвістичну змінну Тв (температура в салоні) розумно описати термами ДУЖЕ ХОЛОДНО, ХОЛОДНО, ПРОХОЛОДНО, КОМФОРТНО, ТЕПЛО, ЖАРКО. Лінгвістичну змінну Тз (бажана температура) опишемо термами ХОЛОДНО, ПРОХОЛОДНО, КОМФОРТНО, ТЕПЛО, ЖАРКО.

Для реалізації лінгвістичної змінної необхідно визначити точні фізичні значення її термів. Хай, наприклад, змінна Тв може приймати будь-яке значення в діапазоні 5...40 °C. Згідно з положенням теорії нечітких множин кожному значенню температури з діапазону 5...40 °C може бути поставлено у відповідність деяке число від нуля до одиниці, що визначає ступінь належності даного фізичного значення температури (наприклад, 18 °C) тому або іншому терму лінгвістичної змінної Тв. У нашому випадку температурі 18 °C можна задати ступінь належності терму ХОЛОДНО, рівну 0,4, а терму ПРОХОЛОДНО – 0,6. Конкретне визначення ступеня належності проводиться експертами.

На рис. 2.52 і 2.53 показані функції (ступені) належності для лінгвістичних змінних Тв і Тз при встановленні температури в салоні.

Процедура перетворення значень базової змінної в нечітку лінгвістичну змінну, що характеризується функцією належності, називається фазифікацією (fuzzyfication). Кожному значенню лінгвістичної змінної (холодно, тепло, жарко ...) відповідає свій діапазон зміни базової змінної. Обмеження значення базової змінної характеризується функцією

належності (membership function) μ , яка кожному значенню базової змінної ставить у відповідність певне число з інтервалу $[0-1]$. На практиці найчастіше використовуються трикутні, дзвоно-подібні і трапецеїдальні функції належності (рис. 2.54). Відзначимо, що використання лінгвістичних змінних означає стискування даних, оскільки одним значенням лінгвістичної змінної охоплюється весь діапазон значень базової змінної.

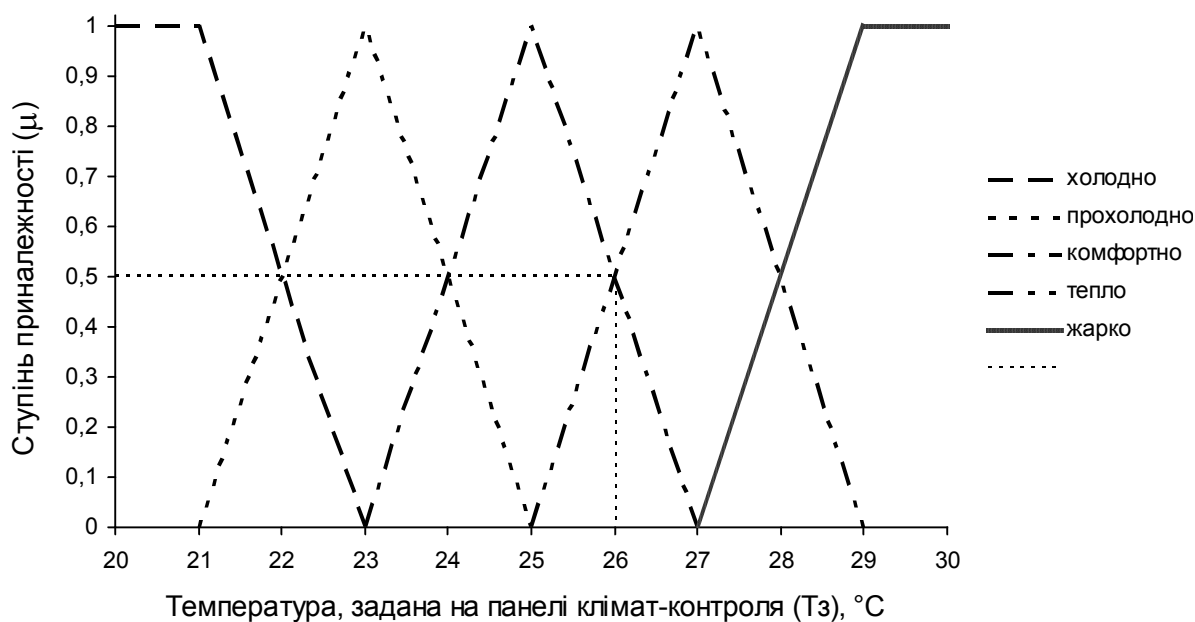
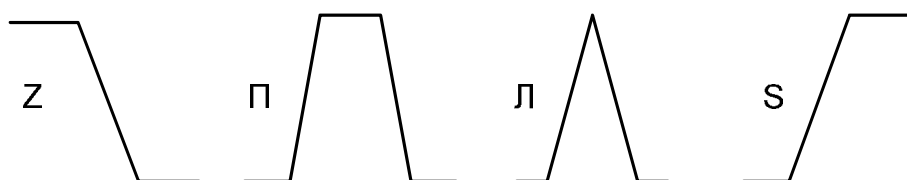


Рисунок 2.53 – Лінгвістична змінна T_z



Z-функція, П-функція, Л-функція, S-функція

Рисунок 2.54 – Типові функції належності

Вихідна лінгвістична змінна ОВО (оберти вентилятора опалювача) реалізовується у вигляді термів ВІДКЛЮЧЕНО, МАЛІ ОБЕРТИ, СЕРЕДНІ, ВИСОКІ, МАКСИМАЛЬНІ. Для функцій належності вихідної величини можуть бути показані тільки максимуми (рис. 2.55).

Для реалізації керування задаються (визначаються) продукційні правила (production rules), що пов'язують вхідні і вихідні лінгвістичні змінні. Сукупність таких правил описує стратегію керування, яка використовується в даній задачі. Стратегія повинна бути зрозумілою

розробникові на інтуїтивному рівні. Типове продукційне правило складається з антецедента (частина ЯКЩО) і консеквента (частина ТОДІ). Антецедент може містити більше ніж одну посилку. В цьому випадку вони об'єднуються за допомогою логічних зв'язків АБО чи І.

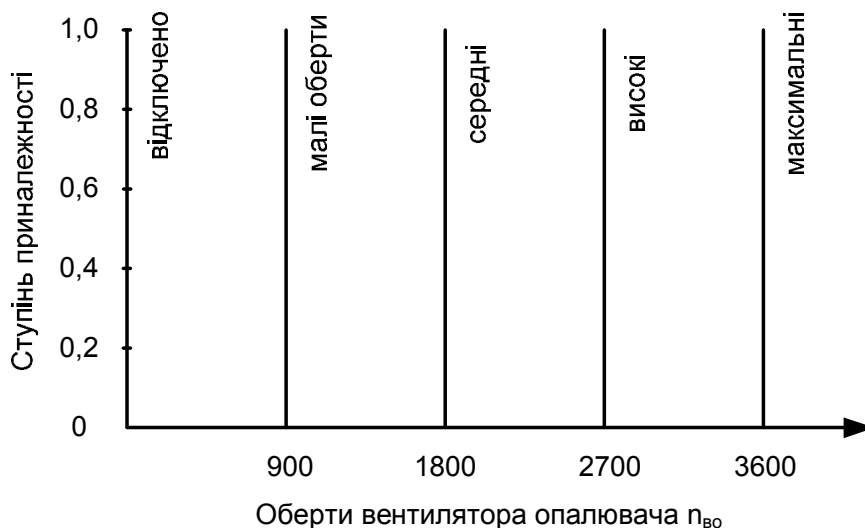


Рисунок 2.55 – Лінгвістична змінна ОВО

У нашому випадку:

ЯКЩО ($T_v = \text{ДУЖЕ ХОЛОДНО}$) І ($T_z = \text{ЖАРКО}$) ТОДІ ОВО = МАКСИМАЛЬНІ.

Це одне з продукційних правил, його сенс в тому, що якщо в салоні дуже холодно, а перемикач на панелі клімат-контролю знаходиться в положенні «жарко», вентилятор опалювача повинен працювати на повну потужність. Продукційні правила – типові умовні оператори в короткій формі (без ІНАКШЕ). Інколи їх зручно задавати таблицею (табл. 2.8). У даному прикладі використано 30 продукційних правил.

Таблиця 2.8 – Продукційні правила

	ДУЖЕ ХОЛОДНО	ХОЛОДНО	ПРОХО- ЛОДНО	КОМ- ФОРТНО	ТЕПЛО	ЖАРКО
ЖАРКО	МАКСИ- МАЛЬНІ	МАКСИ- МАЛЬНІ	ВИСОКІ	МАЛІ ОБЕРТИ	МАЛІ ОБЕРТИ	ВІДКЛЮ- ЧЕНО
ТЕПЛО	МАКСИ- МАЛЬНІ	ВИСОКІ	СЕРЕДНІ	МАЛІ ОБЕРТИ	ВІДКЛЮ- ЧЕНО	ВІДКЛЮ- ЧЕНО
КОМ- ФОРТНО	МАКСИ- МАЛЬНІ	СЕРЕДНІ	МАЛІ ОБЕРТИ	ВІДКЛЮ- ЧЕНО	ВІДКЛЮ- ЧЕНО	ВІДКЛЮ- ЧЕНО
ПРОХО- ЛОДНО	ВИСОКІ	МАЛІ ОБЕРТИ	ВІДКЛЮ- ЧЕНО	ВІДКЛЮ- ЧЕНО	ВІДКЛЮ- ЧЕНО	ВІДКЛЮ- ЧЕНО
ХОЛОДНО	СЕРЕДНІ	ВІДКЛЮ- ЧЕНО	ВІДКЛЮ- ЧЕНО	ВІДКЛЮ- ЧЕНО	ВІДКЛЮ- ЧЕНО	ВІДКЛЮ- ЧЕНО

Допустимо, що температура в салоні 18 °С, а вставка на панелі управління клімат-контролю 26 °С. Ступінь належності 18 °С терму ПРОХОЛОДНО змінної T_v складає 0,6, а терму ХОЛОДНО – 0,4 (рис. 2.52). Ступінь належності 26 °С терму ТЕПЛО змінної T_z складає 0,5, а терму КОМФОРТНО також 0,5 (рис. 2.53). До інших термів належність нульова, тому, згідно з положенням нечіткої логіки виявляються задіяними такі продукційні правила:

ЯКЩО ($T_v = \text{ПРОХОЛОДНО}$) І ($T_z = \text{ТЕПЛО}$) ТОДІ
 ОВО = СЕРЕДНІ;
 ЯКЩО ($T_v = \text{ПРОХОЛОДНО}$) І ($T_z = \text{КОМФОРТНО}$) ТОДІ
 ОВО = МАЛІ ОБЕРТИ;
 ЯКЩО ($T_v = \text{ХОЛОДНО}$) І ($T_z = \text{ТЕПЛО}$) ТОДІ ОВО = ВИСОКІ;
 ЯКЩО ($T_v = \text{ХОЛОДНО}$) І ($T_z = \text{КОМФОРТНО}$) ТОДІ
 ОВО = СЕРЕДНІ.

Тепер необхідно визначити ступені належності антецедентів правил. Для цього в нечіткій логіці існують два оператори: MIN(...) і MAX(...). Перший обчислює мінімальне значення ступеня належності, а другий – максимальне значення. Коли застосовувати той чи інший оператор, залежить від того, якою зв'язкою сполучені посилки в правилі. Якщо використана зв'язка І, застосовується оператор MIN(...). Якщо ж посилки об'єднані зв'язкою АБО, необхідно застосувати оператора MAX(...). Для нашого прикладу застосований оператор MIN(...), оскільки використана зв'язка І. Отримаємо:

MIN(0.6, 0.5) = 0,5
 MIN(0.6, 0.5) = 0.5
 MIN(0.4, 0.5) = 0,4
 MIN(0.4, 0.5) = 0,4

Обчислені значення стають числовими значеннями ступеня належності відповідних консеквентів. Наприклад, з першого продукційного правила виходить, що ступінь належності необхідного числа обертів вентилятора n_{60} до терма СЕРЕДНІ (1800 обертів за хвилину) лінгвістичної змінної ОВО складає 0,5. Таким чином, отримане нечітке виведення або нечітке значення керованої змінної. Щоб виконавчий пристрій зміг відпрацювати отриману команду, необхідний етап керування, на якому позбавляються від нечіткості і який називається дефазифікацією.

На практиці в системах керування часто використовують метод центра ваги [21]. У дискретному випадку для цього методу формула для обчислення чіткого значення вихідної змінної має вигляд:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n \mu(y_i) \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n \mu(y_i)},$$

де Y – чітке значення вихідної змінної;

y_i – значення вихідної змінної для i -го терма з одиничним значенням ступеня належності;

$\mu(y_i)$ – ступінь належності до цього терма;

n – число термів.

Для нашого прикладу відповідно до рис. 2.55:

$$n_{об} = \frac{0.5 \cdot 1800 + 0.5 \cdot 900 + 0.4 \cdot 2700 + 0.4 \cdot 1800}{0.5 + 0.5 + 0.4 + 0.4} = 1750 \text{ об/хв.}$$

Застосування нечіткої логіки приводить до своєрідного стискування оброблюваних даних, не потрібно створювати громіздкі багатовимірні калібрувальні таблиці, але об'єм обчислень зростає.

Лінгвістичні функціональні перетворювачі з нечіткою логікою широко використовуються в системах керування для багатьох автомобільних агрегатів і систем. Розглянемо ряд прикладів їх застосування.

Нечітка логіка (fuzzy logic) застосовується в багатьох антиблокувальних гальмових системах, якими оснащуються автомобілі уже представлені на ринку. В наш час Nissan, Mitsubishi, Honda, Mazda, Hyundai, BMW, Mercedes-Benz та Peugeot вже виробляють автомобілі з "нечіткими" АБС. Одна з причин вигоди антиблокувальних гальмових систем з нечіткою логікою – висока ефективність обробки інформації. В АБС час циклу керування складає приблизно 5 мілісекунд. В межах цього інтервалу, мікропроцесори повинні реєструвати всі дані датчика, опрацьовувати їх, обчислювати алгоритм АБС, керувати обвідними клапанами для гальмівної рідини, виконувати тестування гальмування у встановленому порядку. Отже, будь-які додаткові функції повинні бути виконані з дуже великою ефективністю в обчислювальному відношенні. Більшість АБС використовує 16-бітний мікропроцесор, в якому процес обчислення з середнього розміру нечіткою логічною системою складає близько 1/2 мілісекунди і використовується біля 2 кБ пам'яті [22].

Існують різні шляхи реалізації АБС на нечіткій логіці. Реалізація [23] показує інтелектуальну комбінацію звичайних методів з нечіткою логікою. Відомо, що точка оптимальної ефективності гальмування знаходиться між двома граничними ситуаціями – вільне кочення колеса і його повне блокування. Різниця між швидкістю автомобіля та колеса під час гальмування називається "проковзуванням" і визначається за формулою:

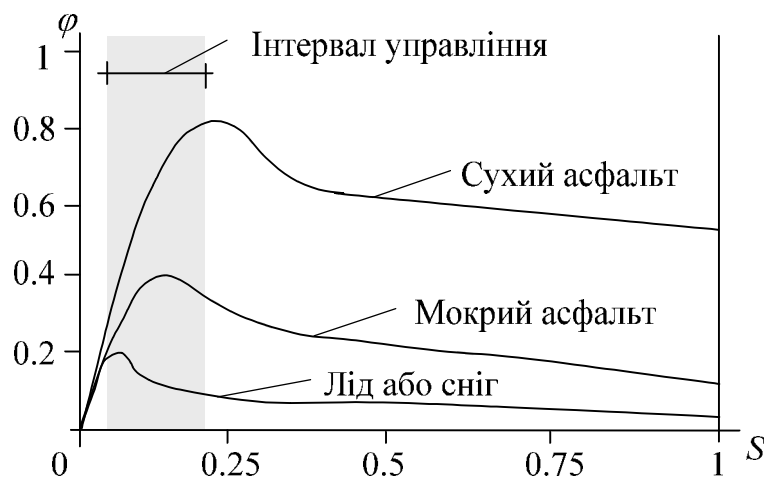
$$S = (V_a - V_k) / V_a,$$

де S – проковзування, завжди між 0 (без гальмування) та 1 (блокування);

V_a – швидкість автомобіля;

V_k – швидкість колеса.

Рисунок 2.56 показує залежність між ефективністю гальмування та проковзуванням для різних дорожніх покриттів. Для $S = 0$, швидкість колеса дорівнює швидкості автомобіля. У випадку $S = 1$, колесо блокується повністю. Криві показують, що оптимальне гальмування відбувається за умови $0 < S < 1$. Проте точка максимальної ефективності гальмування залежить від типу дороги.



ϕ – коефіцієнт зчеплення, міра ефективності гальмування

Рисунок 2.56 – Розподіл гальмівної ефективності в залежності від проковзування колеса для сухих, мокрих та засніжених дорожніх покриттів

Звичайна антиблокувальна гальмова система керує обвідними клапанами гальмівної рідини так, щоб проковзування дорівнювало встановленому значенню. В більшості програм це встановлене значення проковзування дорівнює 0.1, оскільки це компромісна величина для всіх станів доріг. Як видно з рис. 2.56, це встановлене значення неоптимальне для кожного дорожнього покриття. Знаючи тип дорожнього покриття, можна збільшити ефективність гальмування ще більше.

Проблема – як дізнатися, який тип дорожнього покриття. Вважати, що водій натисне кнопку на панелі приладів раніше, ніж зробить екстрене гальмування, не реально. Альтернатива – використання датчиків. Багато компаній оцінили різноманітні типи датчиків. Результат – те, що датчики, які дають добру ідентифікацію поверхні дороги, не достатньо надійні та занадто дорогі. Ідея застосування нечіткого логічного висновку проста.

Припустимо, Ви сидите в вашому власному автомобілі, обладнаному стандартною АБС. Після руху з відомою швидкістю Ви притиснули гальмову педаль так, що АБС починає працювати. Навіть якщо б Ви не знали, яка була поверхня дороги, Ви могли б тепер зробити достатньо точне припущення лише за реакцією автомобіля. Тепер, якщо Ви можете оцінювати поверхню дороги лише за реакцією автомобіля, то чому не здійснити це в АБС за допомогою нечіткої логіки? Коли АБС вперше виявляє блокування колеса, то починає керувати клапанами гальмівної рідини так, щоб кожне колесо оберталося з проковзуванням 0.1. Після цього нечітка логічна система оцінює реакцію автомобіля на гальмування, визначає поточну поверхню дороги і корегує встановлену величину проковзування для досягнення найкращої ефективності гальмування. Нечітка логічна система використовує вхідні дані лише від існуючих датчиків АБС. Вхідними даними є сповільнення та швидкість автомобіля, сповільнення та швидкості коліс, і гідравлічний тиск рідини гальма. Ці змінні входу – непрямий показник поточної точки керування гальмівною системою (рис. 2.56), її зміни через якийсь час. Експерименти показали, що перший дослідницький зразок лише з шістьма нечіткими логічними правилами значно покращує характеристики АБС. На одній з випробувальних трас, стан якої змінювався від сніжного до мокрого, АБС з нечіткою логікою виявляла зміну в дорожніх умовах навіть під час гальмування [23].

Керування двигуном легкового або вантажного автомобіля стає все більш і більш складнішим через підняті стандарти до вихлопних газів та постійне прагнення більш високої паливної економічності. Двадцять років тому системи керування були механічні (карбюратор, розподільний елемент і контакт переривача). Тепер, на основі мікропроцесора, системи керують вприском палива та температурою запалення. Оскільки стратегії керування двигуном залежать від ряду контрольних точок (обертів, моменту, температури і т. д.), лінійні моделі керування не підходять. З іншого боку, не існує математичної моделі, яка б повністю описувала поведінку двигуна. Через це більшість регуляторів двигуна використовують емпіричні дані, щоб побудувати стратегію керування. Емпіричні дані – результат обширних випробувань та інженерного досвіду. Однак формування таких емпіричних даних є можливим лише для трьох вимірів (два входи, один вихід). Крім того, дуже важко генерувати та інтерпретувати ці емпіричні дані. Отже, заміна цих емпіричних даних – потенційне застосування для нечіткої логіки. Нажаль, більшість виготовлювачів не бажає публікувати будь-які подробиці щодо їх нечіткого логічного розв'язку проблеми керування двигуном. Через те, що правила нечіткої логічної системи роблять введені компанією в систему керування двигуном знання повністю доступним. Отже, виготовлювачі бояться, що їх конкуренти могли б взяти занадто багато про технічні рішення, проаналізувавши нечіткі логічні правила.

Вивчення системи керування двигуном NOK та Nissan [24] ілюструє вигоди від використання нечіткої логіки. Основна ідея побудови системи полягає в тому, що вона спочатку розпізнає експлуатаційні умови двигуна за допомогою лінгвістичної змінної “Ситуація”, яка має такі лінгвістичні терми.

1. Пуск (стратегія керування полягає в тому, що холодний двигун запускається плавно і швидко на багатій суміші).

2. Режим холостого ходу (гарантія стабільної роботи двигуна – встановлення кута випередження запалення та керування впорскуванням палива в залежності від його температури).

3. Рівномірний рух, низьке або середнє навантаження (максимізація паливної економічності за допомогою бідної суміші, спостереження за детонацією).

4. Рівномірний рух, високе навантаження (поліпшення характеристик двигуна, завдяки застосуванню багатой суміші та випередження запалення. Єдине обмеження – дозволений максимум витрати палива).

5. Рух накатом (скорочення витрати палива в залежності від ситуації).

6. Прискорення (збагачення суміші в залежності від навантаження).

Визначення лінгвістичної змінної “ситуація” – оцінка стану точки керування. Оскільки “Ситуація” – лінгвістична змінна, то водночас можуть мати силу декілька термів. Це дасть можливість виразу комбінації експлуатаційних точок, визначених відповідно до термів. Отже, можлива оцінка “Ситуації” могла б бути $\{0.8; 0; 1; 0; 0; 0.3\}$. Лінгвістично, ця оцінка являє умови керування: двигун недавно запущений, рівномірний рух при середньому чи низькому навантаженні, слабе прискорення. Виходячи з цієї ідентифікованої точки керування, індивідуальні нечіткі логічні модулі керують впорскуванням, скорочуючи витрату палива, та запаленням.

Подібно до АБС, описаних вище, керування двигуном здійснюється за дуже короткий цикл часу. Деяким системам необхідна одна мілісекунда для повного циклу керування. Для цього, деякі виготовлювачі проектують систему, використовуючи нечітку логіку, але після цього перекладають її в емпіричні дані для швидкої обробки. Незважаючи на те, що емпіричні дані швидко обробляються, може знадобитись надмірно високий об'єм пам'яті. Деякі інженери пробували здійснювати обробку емпіричних даних з дуже обмеженим числом рішень, використовуючи інтерполяційний алгоритм. Проте порівняння показує, що інтерполяція потребує більшого обчислювального часу, аніж застосування нечіткої логічної системи безпосередньо [25].

Головною задачею адаптивної автоматичної трансмісії є знаходження оптимального значення в залежності від системи "прискорення – паливна економічність". Оскільки коробка передач автоматичної трансмісії не має ніякого "уявлення" про умови руху і побажання водія, наділити її такою здатністю спробувала фірма Nissan. В

1991 вона представила автоматичні трансмісії з п'ятьма, керованими за допомогою нечіткої логіки, швидкостями [26]. Honda зробила це одним роком пізніше [27], а після цього General Motors вперше втілила своє рішення в моделі Saturn в 1993.

Задача для нечіткої логічної системи подібна такій:

- уникайте “нервового” перемикавання назад і вперед на хвилястих чи горбкуватих дорогах;
- зрозумійте чого хоче водій – економічності чи спортивних характеристик руху;
- уникайте “прискорювальної передачі”, якщо перехід на неї не дає більшого прискорення.

Нечіткий логічний процесор в автоматичній трансмісії оцінює не тільки поточну швидкість автомобіля. Він також аналізує, як водій прискорює та загальмовує автомобіль. Наприклад, щоб виявити умови повороту дороги нечіткий логічний процесор слідкує за числом змін натиску на педаль керування подачею палива в межах деякого періоду. Різниця змін натиску на педаль керування подачею палива подається на нечіткий логічний процесор.

Цікавий аспект цього застосування - використання водія як фактичного датчика умов руху. Нечіткий логічний регулятор виявляє умови руху, інтерпретуючи реакцію водія, і після цього відповідно пристосовує роботу вузлів автомобіля. Ця інтелектуальна система керування не просто виконавець. Технічна система намагається зрозуміти, чи задоволена людина її роботою. Якщо ні, то технічна система пристосовується, щоб задовольнити потреби користувача.

Активні системи керування стабільністю в автомобілях мають довгу історію. Перша генерація таких систем, антиблокувальні системи гальмування (АБС). Друга генерація, системи керування тягою, роблять, по суті ту ж саму річ – покращують прискорення. Якщо автомобіль прискорюється до ковзання, система тяги виявляє надлишкове прискорення і регулює його так, щоб повернути автомобіль до керованої швидкості. Результат – максимально безпечне прискорення і зменшений знос шини. Наступний логічний крок, після контролю заносу при гальмуванні та прискоренні, – контроль заносу при керванні. Така антиблокувальна система керування (АСК) [28] зменшує кут повороту до величини, відповідної зчипним якостям дороги. Це дозволяє уникнути ковзання оптимізацією руху. Ковзаючий автомобіль дуже важко стабілізувати, особливо для недосвідчених водіїв. Оскільки ця система – одна з найбільш складних вкладених систем, що використовують нечітку логіку, це добре показує потенціал технології.

Своє застосування нечіткі логічні системи знайшли для оптимізації обігріву, вентиляції та кондиціювання повітря в автомобілях [29]; автономного інтелектуального керування рухом [30]; слідування за іншим транспортним засобом, процедури зупинки і рушення, аварійної зупинки; керування обмежувачами перемикача швидкості комерційних вантажівок [31] та в багатьох інших випадках.

Процес розробки функціонування системи керування з нечіткою логікою включає:

- визначення лінгвістичних змінних, нечітких правил, методу дефазифікації;
- відлагодження і аналіз програмної моделі;
- оптимізацію системи керування на базі персональної ЕОМ з реальним об'єктом;
- генерацію кодів для мікроконтролера реальної системи керування.

Ці етапи зазвичай виконуються з використанням комп'ютеризованої системи CAD-fuzzy-TECH.

При побудові моделей на нечіткій логіці опираються на ряд науково-методичних принципів [21].

1. Принцип лінгвістичності рішення та факторів впливу.

Відповідно до цього принципу рішення (вихідна змінна) та фактори впливу на нього (вхідні змінні) розглядаються як лінгвістичні змінні з якісними термами (терм - від англ. term - називати).

Згідно із Заде [19] *лінгвістичною змінною* називається змінна, значеннями якої є слова або речення природної мови, тобто якісні терми. Прикладами лінгвістичних змінних та їх термів (записані справа в дужках) є:

- КОЕФІЦІЄНТ ЗЧЕПЛЕННЯ (дуже низький, низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий, дуже високий);
- ВИД ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ (асфальт, щебінь, пісок, ґрунтова дорога);
- СТАН ДОРОЖНЬОГО ПОКРИТТЯ (сухий, вологий, мокрий, покритий брудом, покритий мокрим снігом);
- ТИП ШИН (високого тиску, низького тиску, високої прохідності).

В цих прикладах перша змінна відноситься до рішення, а три останніх - до факторів впливу. Використовуючи поняття функції належності, кожний з лінгвістичних термів можна формалізувати у вигляді нечіткої множини, заданої на відповідній універсальній множині.

2. Принцип лінгвістичності знань.

Відповідно до цього принципу причинно-наслідкові зв'язки між факторами впливу (причинами) і рішенням (наслідком) необхідно описати природною мовою, а потім формалізувати у вигляді сукупності нечітких логічних висловлювань типу: "ЯКЩО-ТО, ІНАКШЕ".

Наприклад, при прогнозуванні величини коефіцієнта зчеплення можуть використовуватись такі висловлювання:

ЯКЩО вид дорожнього покриття = асфальт І стан дорожнього покриття = сухий І тип шин = низького тиску І ступінь проковзування шини = кочення з проковзуванням І зношеність шини = в межах допустимого І тиск в шині = нормальний І навантаження на колесо = середнє І швидкість автомобіля = нижча середньої , ТО коефіцієнт зчеплення = дуже високий,

ІНАКШЕ :

ЯКЩО вид дорожнього покриття = ґрунтова дорога І стан дорожнього покриття = зволожена дощем І тип шин = високої прохідності І ступінь проковзування шини = юз І зношеність шини = нова І тиск в шині = нормальний І навантаження на колесо = низьке І швидкість автомобіля = середня, ТО коефіцієнт зчеплення = середній

Джерелом отримання таких висловлювань (правил, знань) є матеріали автотехнічних експертиз з правильними рішеннями або досвід експертів-автотехніків. Особливість нечітких висловлювань полягає в тому, що їх адекватність не змінюється при незначних коливаннях умов експерименту (на відміну від традиційних моделей, побудованих на базі кількісної математики).

Сукупність висловлювань "ЯКЩО-ТО, ІНАКШЕ" розглядається як набір точок в просторі "фактори впливу (причини) – наслідок". За цими точками з використанням нечіткого логічного висновку відновлюється поверхня, дає можливість оцінювати значення рішення (наслідку) при таких факторах впливу, для яких інформація в базі знань відсутня.

3. Принцип ієрархічності експертних знань.

Використання цього принципу дозволяє подолати "прокляття розмірності". При великому числі факторів впливу побудова системи висловлювань про причинно-наслідкові зв'язки "фактори впливу (причини) – наслідок" стає важкою. Це обумовлено тим, що в оперативній пам'яті людини одночасно може утримуватися не більше 7 ± 2 понять-ознак [21]. В зв'язку з цим доцільно провести класифікацію вхідних параметрів і згідно з нею побудувати дерево висновку, яке визначає систему вкладених один в одного висловлювань-знань меншої розмірності. Приклад такого дерева для 12-ти вхідних параметрів (факторів) подано на рис. 2.57.

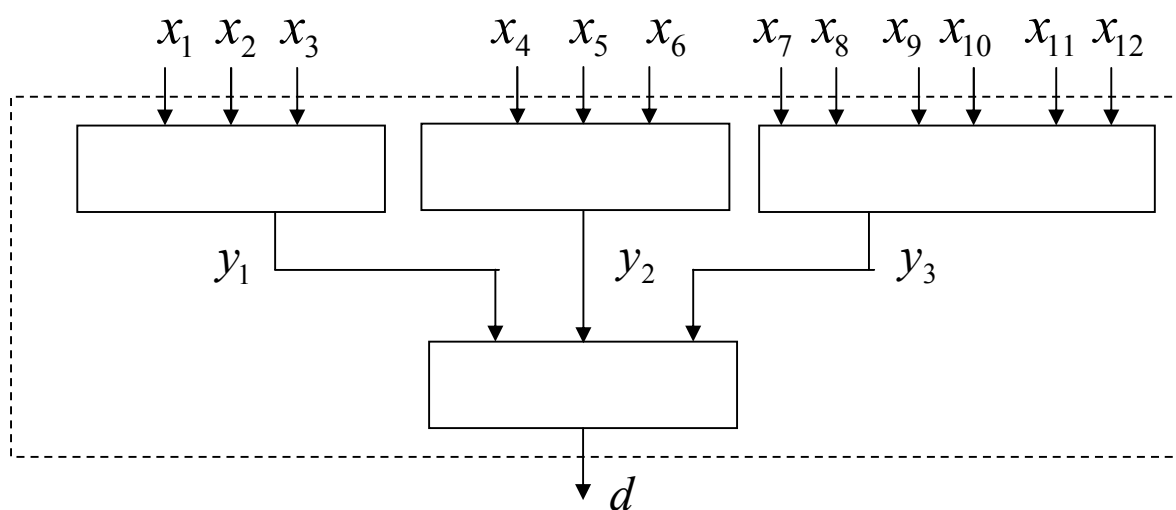


Рисунок 2.57 – Приклад дерева висновку

Із цього прикладу видно, що знання вигляду $d = d(x_1, x_2, \dots, x_{12})$, які пов'язують фактори $x_1 \div x_{12}$ з розв'язком d , замінюються послідовністю підстановок:

$$\begin{aligned} d &= d(y_1, y_2, y_3), \\ y_1 &= y_1(x_1, x_2, x_3), \\ y_2 &= y_2(x_4, x_5, x_6), \\ y_3 &= y_3(x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}), \end{aligned}$$

де y_1, y_2, y_3 - проміжні фактори, які розглядаються як лінгвістичні змінні.

За допомогою принципу ієрархічності можна враховувати практично необмежену кількість факторів, які впливають на рішення, що необхідно прийняти. При побудові дерева висновку необхідно намагатися зробити так, щоб число аргументів (вхідних стрілок) в кожній постановці (вузлі дерева висновку) задовольняло правило 7 ± 2 .

Можливість подання експертних знань за рівнями обумовлена не тільки природною ієрархічністю множини факторів впливу, а і необхідністю врахування нових факторів, які виникають із проведенням досліджень.

4. Принцип двохетапного налаштування нечітких моделей.

Ці етапи відповідають відомим в класичній теорії етапам структурної та параметричної ідентифікації. На першому етапі будується груба модель об'єкта на підставі доступної експертної інформації, яка задається у вигляді нечітких правил «ЯКЩО-ТОДІ». На другому етапі відбувається оптимізація нечіткої моделі за допомогою навчаючої вибірки, тобто експериментальних даних «входи-вихід». Керованими змінними, що підлягають настройці, є форма функцій належності та коефіцієнти вагомості нечітких правил.

Етапи налаштування нечітких моделей подано на рисунку 2.58.

Загальну методику побудови математичних моделей об'єктів керування проілюструємо на основі методу ідентифікації нелінійних об'єктів нечіткими базами знань [21]. Вона включає два етапи: перший - структурна ідентифікація; другий - параметрична ідентифікація.

На етапі структурної ідентифікації використовується узагальнений елемент логічного висновку, що показаний на рисунку 2.59. Цей елемент описує залежність $y = f_y(x_1, x_2, \dots, x_n)$ між причинами x_i ($i = \overline{1, n}$) і наслідком y в вигляді системи нечітких логічних висловлювань (бази знань) [21].



Рисунок 2.58 – Етапи настроювання нечітких моделей

$$\begin{aligned}
 & \text{ЯКЩО} \quad \left[(x_1 = X_1^{j1}) I (x_2 = X_2^{j1}) I \dots (x_n = X_n^{j1}) \right] \quad (\text{з вагою } a_{j1}) \\
 & \text{АБО} \quad \left[(x_1 = X_1^{j2}) I (x_2 = X_2^{j2}) I \dots (x_n = X_n^{j2}) \right] \quad (\text{з вагою } a_{j2}) \dots \\
 & \text{АБО} \quad \left[(x_1 = X_1^{jK_J}) I (x_2 = X_2^{jK_J}) I \dots (x_n = X_n^{jK_J}) \right] \quad (\text{з вагою } a_{jK_J}), \\
 & \text{ТО} \quad y = Y_j, \quad j = \overline{1, m},
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

де Y_j – нечіткий терм для оцінки j -го рівня вихідної змінної y ;

m – кількість термів для оцінки змінної y ;

X_i^{jp} – нечіткий терм для оцінки вхідної змінної x_i в p -му ряду матриці знань, що відповідає терму Y_j , $p = \overline{1, k_j}$;

K_j – кількість рядків, що відповідають терму Y_j ;

a_{jp} – вага експертного правила з номером jp ;

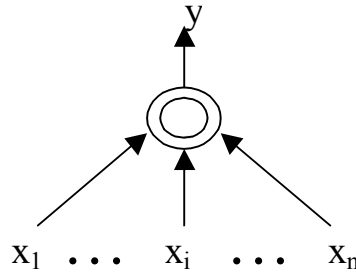


Рисунок 2.59 – Узагальнений елемент логічного висновку

Дискретизація неперервного виходу відбувається за правилом

$$[y, \bar{y}] = \underbrace{[y, y_1]}_{Y_1} \cup \underbrace{[y_1, y_2]}_{Y_2} \cup \dots \cup \underbrace{[y_{m-1}, \bar{y}]}_{Y_m}.$$

Системі висловлювань (2.1) відповідає такий взаємозв'язок функцій належності змінних y та x_i , $i = \overline{1, n}$

$$\begin{aligned} \mu^{Y_j}(y) &= a_{j1} [\mu^{j1}(x_1) \wedge \mu^{j1}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu^{j1}(x_n)] \vee \\ &a_{j2} [\mu^{j2}(x_1) \wedge \mu^{j2}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu^{j2}(x_n)] \vee \dots \\ &a_{jp} [\mu^{jp}(x_1) \wedge \mu^{jp}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu^{jp}(x_n)], \quad j = \overline{1, m}, \end{aligned} \quad (2.2)$$

де $\mu^{Y_j}(y)$ і $\mu^{jp}(x_i)$ – функції належності змінних y та x_i до термів Y_j і X_i^{jp} , відповідно.

Функції належності змінної x довільному нечіткому терму T будемо визначати за допомогою узагальненої моделі [21]

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-b}{c}\right)^2}, \quad (2.3)$$

де b і c – параметри настройки, які мають таку інтерпретацію:

b – координата максимуму функції, $\mu^T(x) = 1$;

c – коефіцієнт концентрації-розтягування функції (рис. 2.60).

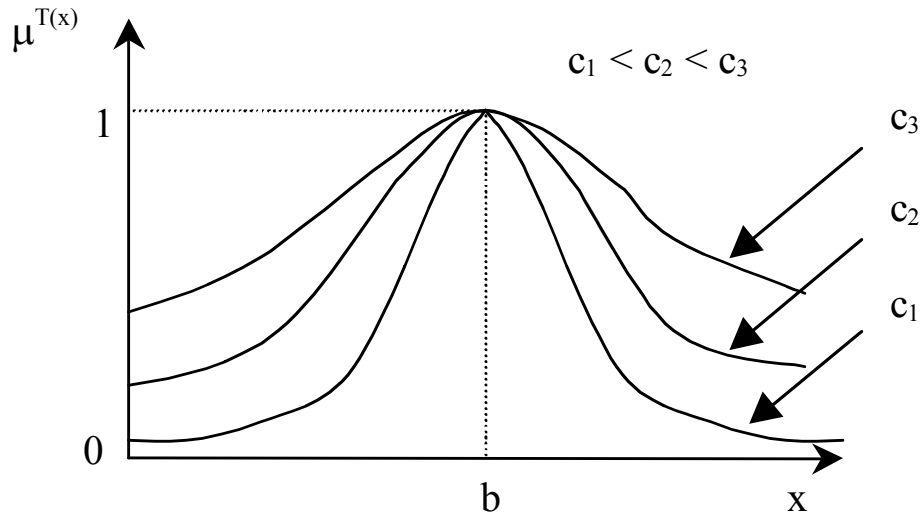


Рисунок 2.60 – Модель функцій належності

Нечіткі логічні рівняння (2.2) отримані з бази знань (2.1) шляхом заміни змінних x_i на їх функції належності (2.3), а операцій I (АБО), - на операції $\wedge(\vee)$. Зважаючи на те, що операціям $\wedge(\vee)$ у теорії нечітких множин відповідають операції $\min(\max)$, із (2.2) одержуємо

$$\mu^{Y_j}(y) = \max_{p=1, k_j} \left[a_{jp} \cdot \min_{i=1, n} \mu^{jp}(x_i) \right], \quad j = \overline{1, m} \quad (2.4)$$

Перетворення нечіткого розв'язку (2.4), у чітку форму (дефазифікація) відбувається за принципом «центра ваги» [22, 27]

$$y = \frac{\sum_{j=1}^m \left[\underline{y} + (j-1) \cdot \frac{\bar{y} - \underline{y}}{m-1} \right] \cdot \mu^{Y_j}(y)}{\sum_{j=1}^m \mu^{Y_j}(y)}, \quad (2.5)$$

де $\underline{y}(\bar{y})$ - нижнє (верхнє) кількісне значення змінної y (коефіцієнта зчеплення чи гальмівного моменту).

На етапі параметричної ідентифікації, узагальнену модель об'єкта, яку визначають співвідношення (2.3) – (2.5), необхідно записати у вигляді

$$y = F(X, A, B, C), \quad (2.6)$$

де $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вхідний вектор;
 $A = (a_1, a_2, \dots, a_N)$ – вектор ваг правил-рядків в нечіткій базі знань
(2.1);
 $B = (b_1, b_2, \dots, b_q)$ та $C = (c_1, c_2, \dots, c_q)$ – вектори параметрів
настройки функцій належності нечітких термів, які входять в базу знань;
 N – загальна кількість правил-рядків;
 q – загальна кількість термів;
 F – оператор зв'язку вхід-вихід, який відповідає співвідношенням
(2.3) – (2.5).

Навчаючу вибірку необхідно задати в вигляді M пар експериментальних даних

$$\{X_p, y_p\}, \quad p = \overline{1, M}, \quad (2.7)$$

де $X_p = (x_1^p, x_2^p, \dots, x_n^p)$ – вхідний вектор в p -ій парі;
 y_p – відповідний вихід.

Для знаходження вектора невідомих параметрів (A, B, C) , які мінімізують розбіжність модельних (2.6) та експериментальних (2.7) виходів об'єкта, використаємо метод найменших квадратів. Задача налаштування нечіткої моделі полягає в знаходженні такого вектора (A, B, C) , який задовольняє обмеження

$$a_i \in [\underline{a}_i, \bar{a}_i], \quad i = \overline{1, N}, \quad b_j \in [\underline{b}_j, \bar{b}_j], \quad c_j \in [\underline{c}_j, \bar{c}_j], \quad j = \overline{1, q}$$

і забезпечує

$$\sum_{p=1}^M [F(X_p, A, B, C) - y_p]^2 = \min_{A, B, C}. \quad (2.8)$$

Для розв'язання цієї нелінійної задачі оптимізації можуть бути використані різні методи, серед яких досить простим і універсальним є найшвидший спуск.

Нехай $y_F(X, M)$ - нечітка модель об'єкта після налаштування, яка отримана за допомогою навчальної вибірки об'ємом M . Для оцінки якості нечіткої моделі використаємо такий критерій [21]

$$R = \sqrt{\frac{1}{|\{X_i\}|} \sum_{\{X_i\}} [y_F(X_i, M) - \hat{y}_i]^2}, \quad (2.9)$$

де $y_F(X_i, M)$ та $\hat{y}_i$ – модельний та експериментальний виходи в точці

$$X_i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i) \in [x_1, \bar{x}_1] \times [x_2, \bar{x}_2] \times \dots \times [x_n, \bar{x}_n],$$

відповідно: $\{X_i\}$ – множина входів типу X_i ,
 $|\{X_i\}|$ – потужність множини $\{X_i\}$.

Цей критерій (2.9) має зміст середньоквадратичного відхилення теоретичного та експериментального виходів об'єкта на один елемент вхідного простору. Залежність цього критерію R від об'єму вибірки M характеризує динаміку навчання нечіткої моделі.

Отже, при відсутності можливості використання традиційних математичних методів, які базуються на виявленні точних кількісних взаємозв'язків, вихід із важкої ситуації вбачається в застосуванні логічних методів. З іншого боку слід додати, що більшість оцінюваних (вимірюваних) параметрів носять неперервний характер. Об'єкти, що характеризуються такими параметрами, природно вивчати засобами неперервних (неперервнозначних) логік. В цьому випадку об'єкт вивчення і формальний апарат найбільш адекватні один одному. Таким чином, для моделювання і діагностики робочих процесів автомобілів в умовах невизначеності доцільно застосовувати наближені методи моделювання, які ґрунтуються на нечітких (неперервних) логіках.

2.7 Методи оптимізації керування АТЗ

Впроваджені автоматизовані системи керування (АСК) на транспортних засобах не можуть повністю замінити оператора, його творчі можливості, здатність ухвалювати цілеспрямовані рішення при недостатніх даних, його ініціативу, волю і інші якості. Машині слід передавати лише те, що вона може виконати краще за людину, а людині залишати те, з чим може справитися тільки вона – людина.

Часто з метою спрощення аналізу процесів в транспортних машинах їх порівнюють з "чорним ящиком", з входами і виходами. Входи – це рульове колесо, педалі, важіль КП, перемикачі сигналізації і освітлення. Тип і стан поверхні дороги, видимість, температура повітря, вітер, дощ,

інтенсивність руху на дорозі – також вхідні дії. На вхід також роблять вплив працездатність, стомлюваність і пильність водія. Регулююча дія здійснюється не тільки при русі, але і в процесі технічних дій (заправка паливом і мастилом, контрольно-регулювальні і профілактичні роботи).

Зараз основним носієм інформації про роботу автомобіля є шляховий лист. Ця інформація з ряду причин не завжди має необхідну достовірність і не є повною. Вона не відображає умови експлуатації, режими роботи основних агрегатів автомобіля та інші якості автомобіля.

На багатьох зарубіжних транспортних машинах встановлюються різні тахографи (роботоміри), які реєструють пройдений шлях, швидкість руху, час однієї їзди і стоянки, гальмівний шлях та ін. Основний недолік безперервних реєстраторів полягає в трудності розшифровки тахограм. Вони не дозволяють отримувати ширшу інформацію про роботу машин в різних умовах експлуатації. В зв'язку з цим перспективнішим напрямом є встановлення на автомобілях дискретних реєстраторів [2].

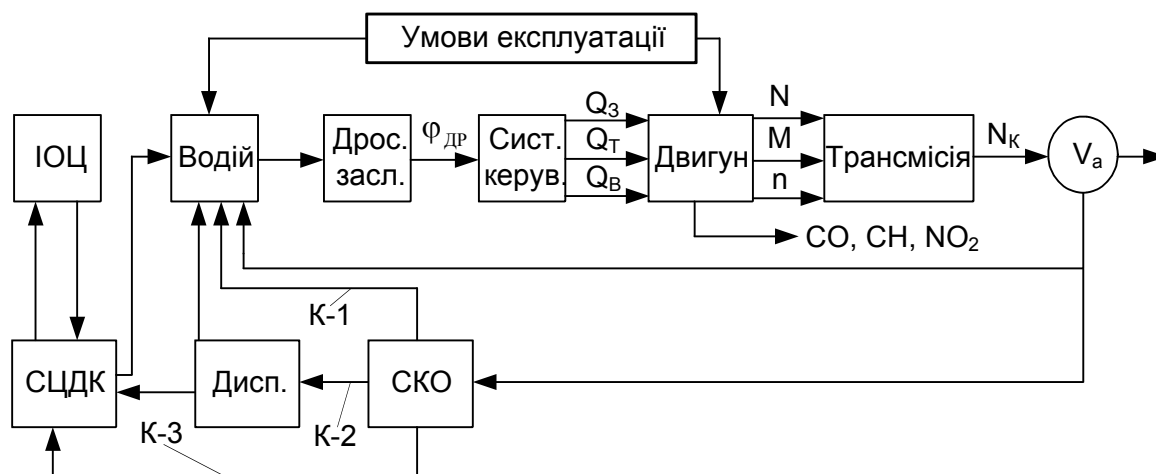
Для уточнення завдань, пов'язаних з розробкою теоретичних передумов побудови системи автоматизованого контролю і обліку показників функціонування транспортних систем в реальних умовах експлуатації, необхідно розглянути схему керування, подану на рис. 2.61 [2].

Умови експлуатації (дорожні, транспортні, атмосферно-кліматичні) чинять відповідний вплив на водія і автомобіль (двигун). Зрештою ці дії приводять до зміни середніх технічних швидкостей V_a , які реєструє водій, бортова система контролю і обліку (СКО) і система централізованого диспетчерського керування (СЦДК) з інформаційно-обчислювальним центром (ІОЦ).

При створенні і впровадженні автоматизованих систем контролю, обліку і керування рухомим складом необхідно починати з розробки конструкції бортових приладів для контролю і обліку основних параметрів роботи системи автомобіль – водій – умови експлуатації [3]. Наявність бортової системи контролю і обліку (СКО), що несе інформацію про дійсні показники роботи, дозволить поліпшити якість керування і зрештою підвищити вихідну характеристику системи (швидкість, продуктивність).

Застосування спеціальних приладів для контролю і обліку основних параметрів роботи системи створює три контури регулювання продуктивністю (рис. 2.61). Перший контур (К-1) забезпечує візуальний зв'язок між водієм і виходом реєстрованих параметрів (виходом СКО). В результаті водій має можливість безперервно контролювати і аналізувати результати своєї роботи і вносити необхідні корективи в керування автомобілем. Другий контур (К-2) забезпечує контроль за роботою даного автомобіля з боку диспетчера. Диспетчер може об'єктивно оцінювати якість роботи водія (системи) і приймати відповідні заходи щодо наближення фактичних показників до їх номінальних значень. Нарешті, СКО може бути використана як датчик СЦДК з телеметричним зв'язком між виходом СКО і входом СЦДК. Це третій контур (К-3) регулювання

продуктивності всіх автомобілів. Інформація, яка поступає на СЦДК, потім відповідним чином обробляється за допомогою ІОЦ.



$\varphi_{др}$ - кут відкриття дросельної заслінки; Q_z - кут випередження запалювання;
 Q_t - витрата палива; Q_v - витрата повітря; N , M , n - потужність, крутний момент, частота обертання колінчатого вала; N_k - потужність на колесах; V_a - швидкість руху автомобіля; СКО – бортова система контролю і обліку; СЦДК - система централізованого диспетчерського керування; К-1, К-2, К-3 - контури керування

Рисунок 2.61 – Схема керування системою автомобіль – водій – умови експлуатації – контроль (облік)

Важлива роль в керуванні та підвищенні ефективності роботи транспортних машин належить водієві. Від нього залежить середня технічна швидкість і режим руху. Кваліфіковані водії зменшують вплив умов експлуатації на інтенсивність зносу агрегатів і здійснюють менше дорожньо-транспортних пригод. При керуванні рухомим автомобілем в мозку людини безперервно будуються різні інформаційні моделі дорожньої ситуації. Аналізуючи протягом короткого проміжку часу ці моделі, водій, випереджаючи події, приймає те або інше рішення, наприклад, почати поступове зниження швидкості або екстрене гальмування при появі на проїжджій частині дороги пішохода. Якщо водій, проаналізувавши в динаміці виниклу ситуацію (модель), вважає, що пішохід і автомобіль не зіткнуться, він не змінює режим руху автомобіля. Інакше він вимушений приймати термінові заходи для попередження можливого зіткнення. Водій при русі автомобіля повинен утримувати в полі свого сприйняття дорогу і прилеглий до неї простір, контролювати показання приладів, координувати роботу рук і ніг при керуванні автомобілем, на слух визначати справність роботи агрегатів.

При навчанні у водіїв формуються водійські навички, які базуються на створенні в корі головного мозку спеціальної функціональної системи моделювання предметів зовнішнього світу. Мозок людини здійснює безперервне моделювання і підстроювання координації руху до

безперервно змінної дорожньо-транспортної обстановки. Для розвитку водійських навиків можна широко використовувати різні тренажери, що імітують умови і режими роботи автомобілів.

Дорожньо-транспортна пригода (traffic accident) залежить не тільки від здатності людини реагувати на несподівані ситуації. При тривалій роботі водія знижується його працездатність, водій стомлюється, при цьому з'являються помилки в його діях, зменшується швидкість руху. В результаті стомлення знижується пильність водія. Пильність зазвичай коливається в певних межах протягом робочого часу і значно падає до кінця робочого дня. Між стомлюваністю, зниженням пильності водія і безпекою руху існують певні зв'язки. Різні людські переживання, негативні емоції, життєві конфлікти і інші психологічні явища також ведуть до виникнення аварій.

Одним з важливих завдань технічної кібернетики на транспорті є розробка методів оптимального керування рухом різних об'єктів (автомобілів, літаків, судів і ін.). Відомо, що при одній і тій же середній швидкості руху витрата палива коливається в межах $\pm 15 - 20 \%$ і дуже залежить від режиму руху, навантаження і умов експлуатації. При впровадженні алгоритмів оптимального керування транспортними засобами можна добитися високої економічної ефективності. На залізничному транспорті ефективність досягає $25 - 30 \%$, на автомобільному і річковому – $7 - 10 \%$, на авіаційному – $6 - 8 \%$ [2].

Рухому транспортну машину слід розглядати як керований об'єкт і в кожен момент часу її положення визначається пройденою відстанню l і швидкістю V . Величини l і V – фазові координати, параметром керування є сила P , підведена до коліс. Цю силу можна змінювати, вибираючи за своїм бажанням функції $P_1(t)$, $P_2(t)$, ..., $P_n(t)$, що описують зміну параметрів керування в часі.

Якщо закон руху машини відомий, можна знайти її положення на дорозі в будь-який інтервал часу $x(t)$. Задаючи різні впливи керування, можна отримувати різні графіки руху. Завдання керування полягає в тому, щоб зі всіх можливих впливів вибрати такий, при якому спостерігаються максимальна продуктивність, мінімальний час доставки вантажу, мінімальна собівартість і витрата палива, максимальний ресурс автомобіля або мінімальний викид шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

Стосовно автомобільного транспорту важливим практичним завданням є оптимальний вибір швидкості автомобіля, який рухається в різних дорожніх умовах. Завдання зводиться до пошуку такого режиму руху і закону зміни швидкості V_a або потужності двигуна, які забезпечували б мінімум витрати палива на маршруті довжиною l_m за час t_p .

Приклади керування рухом автомобіля за мінімумом витрати палива детально розглянуті в роботах [1-3]. У загальному вигляді завдання

зводиться до визначення витрати палива Q за допомогою інтеграла

$$Q = \int_0^m Q_1 dt, \text{ де } Q_1 - \text{витрата палива, л/год.}$$

Рівняння витрати палива в л/100 км визначається за формулою

$$Q = \frac{1}{\eta_i} \left\{ A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 \cdot V_a + C \left[G_a \left(f_0 + \Delta_1 S^2 \cdot V_a / G_a + \Delta_2 S / G_a \pm i \right) + 0.077 kF \cdot V_a^2 + 0.1 \beta \cdot G_a \cdot \dot{V} \right] \right\},$$

де η_i - ККД індикаторний двигуна;

A, B, C - постійні для даного автомобіля коефіцієнти;

i_k - передаточне число коробки передач;

V_a - швидкість руху автомобіля, км/год.;

G_a - вага автомобіля, Н;

f_0 - коефіцієнт опору коченню на рівній дорозі;

S - ступінь рівності покриття за поштовхоміром, см/км.;

Δ_1 і Δ_2 - постійні коефіцієнти для підвіски даного автомобіля;

kF - фактор обтічності автомобіля, Н·с²·м⁻²;

β - коефіцієнт, який враховує вплив обертальних мас автомобіля

Проведені в Харківському автодорожньому інституті експерименти підтверджують теоретичний висновок, що найекономічнішим за витратою палива є режим руху з постійною швидкістю. При всяких інших режимах руху при витримці однієї і тієї ж середньої швидкості витрата палива збільшується.

Оптимальне керування може здійснюватися водієм за наявності режимних карт (для постійних маршрутів), активних дорожніх знаків, зумерів для сигналізації про перевищення встановленої швидкості і т.д. Автоматична реалізація режимів оптимального керування може здійснюватися всережимними або екстремальними регуляторами, які керують подачею палива залежно від навантаження і дорожніх умов. При малій інтенсивності руху автомобілів на дорозі (менше 300 авт./год.) алгоритми керування рухом застосовні для одиничних автомобілів. При вищій інтенсивності керування повинно здійснюватися всім потоком за допомогою автоматизованих систем.

У великих містах приділяється значна увага проблемам організації і регулювання дорожнього руху з використанням автоматичних засобів керування із застосуванням ЕОМ. Такі системи включають набір детекторів, що фіксують рух рухомого складу; індикаторів, що відображають умови руху; обчислювальних пристроїв, що сприймають інформацію від транспортних потоків; виконавчих пристроїв, які керують

світлофорами і покажчиками швидкостей. Для регулювання рухом автомобілів в умовах великих населених пунктів застосовуються світлофори, що мають різні способи керування (ручний спосіб, автоматичне автономне керування на одному об'єкті, автоматичне керування на магістралі, на ряді магістралей, в районі), автоматичні пристрої для подачі пульсуючих сигналів (мигалки), багатопозиційні дорожні знаки і централізовані автоматичні системи керування.

До систем керування рухом висуваються такі основні вимоги: оптимізація маршрутів, зменшення затримок і кількості зупинок; зниження втрат часу при рушанні з місця, зменшення витрати палива, зносу шин і забруднення навколишнього повітря; рівномірний розподіл автомобілів в даному районі; підвищення безпеки руху і ін.

Автоматизація керування рухом самохідних машин (автомобілів, тракторів, автотранспорту і ін.) є актуальною і складною проблемою. Повна автоматизація керування на існуючій дорожній мережі поки неможлива. Автоматизувати керування можна при русі машин по деяких постійних трасах (наприклад, при внутрішньозаводських і внутрішньо-складських перевезеннях вантажів, при русі в кар'єрах, на полігонах, на території виставок і т.д.). Значно спрощується автоматизація керування рухом транспортних засобів за наявності рейкових шляхів (на залізничному транспорті, в метрополітені).

При автоматизації керування в основному вирішуються такі завдання: автоматизація водіння, регулювання швидкості і забезпечення безпеки руху. Впровадження засобів автоматичного водіння машин у ряді випадків може дати значний економічний ефект унаслідок підвищення пропускної спроможності доріг, збільшення швидкостей руху і скорочення відстані між машинами. Ці засоби повинні упроваджуватися перш за все там, де присутність людини небажана або небезпечна, а також коли фізіологічні можливості людини, наприклад, за швидкодією і видимістю, нижчі за можливості автомата.

Існують різні методи задавання траєкторії (орієнтації) руху машин на місцевості. Орієнтація зазвичай здійснюється за допомогою різних копіювальних пристроїв. Пристрої можуть бути механічні, фотоелектричні, індукційні, радіаційні (за допомогою радіоактивних ізотопів). У нашій країні значні успіхи досягнуті в області автоматизації водіння тракторів з використанням гідромеханічних, електромеханічних і пневматичних копіювальних пристроїв. Для автомобілів найбільш прийнятною копіювальною системою є система з індукційними пристроями. В дорозі прокладається дріт, по якому протікає змінний струм високої (звуковий) частоти. На бампері автомобіля встановлюються дві котушки чутливого елемента. Сигнали від кожної котушки посилюються і після детекторів порівнюються для отримання сигналу помилки, який показує положення автомобіля щодо дроту, вмонтованого в дорогу. Отриманий сигнал поступає в сервопривід керування передніми колесами.

Колеса повертаються на такий кут, при якому сигнал помилки дорівнює нулю. Для того, щоб виключити зіткнення автомобілів, потрібні спеціальні пристрої для підтримки відстані між автомобілями. Для отримання необхідної інформації про наявність автомобіля, що рухається попереду, і його швидкості, в дорогу слід вмонтувати спеціальні витки (петлі) дроту (рис. 2.62). Проїжджаючи над витком, автомобіль зменшує його індуктивність і цим викликає зміщення фаз між напругою, що знімається з витка, і збудниками. У фазовому детекторі відбувається порівняння, потім сигнал з виходу фазового детектора поступає в релейне коло, яке фіксує наявність і швидкість руху автомобіля на даній ділянці дороги.

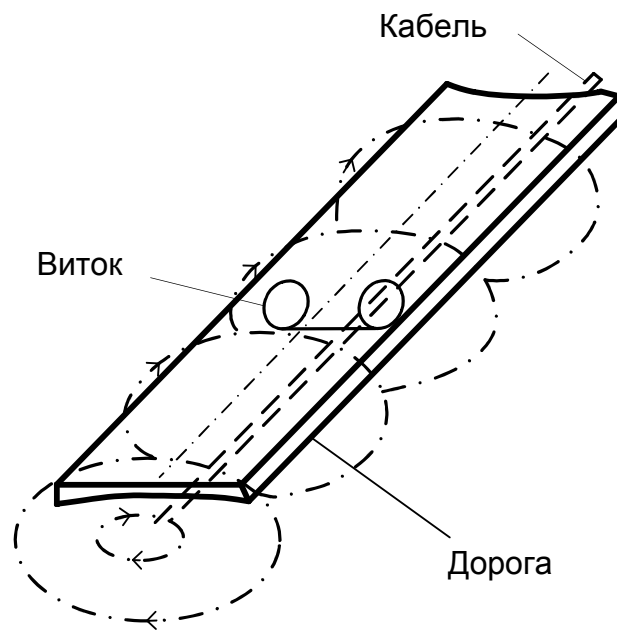


Рисунок 2.62 – Схема виявлення автомобіля на дорозі

Блок-схема дорожніх пристроїв для автоматичного керування автомобілем подана на рис. 2.63. Під полотном дороги, окрім дроту для керування передніми колесами і витків виявлення автомобіля, вмонтовані також спеціальні дроти-антени по осі дороги для передачі інформації автомобілям з приладами автоматичного керування і попередження про наявність автомобілів та їх швидкості руху. Один кінець антени заземлений, інший – з'єднаний із сигнальним генератором. Кожен індикатор машин на дорозі з'єднаний із суміжним сигнальним генератором, всі вони послідовно з'єднані між собою і тому інформація передається рухомим автомобілем уздовж дороги. При наїзді автомобіля на виток виявлення індикатор подає постійну напругу на спеціальні пристрої (затухаючу лінію), що складаються з діодів, які не пропускають струм у напрямі руху автомобіля, і паралельно розташованих резисторів. Діоди у оберненому напрямі викликають лінійне зменшення напруги від однієї ділянки до іншої. При зниженні напруги до нуля подача

попереджувальних сигналів припиняється. За величиною напруги на лінії діодного резистора, що передається за допомогою сигнального генератора, можна судити про відстань і швидкість автомобіля, який рухається попереду. Швидкість визначається або шляхом підрахунку імпульсів після проїзду автомобіля над витком виявлення, або за часом проходження відстані між витками.

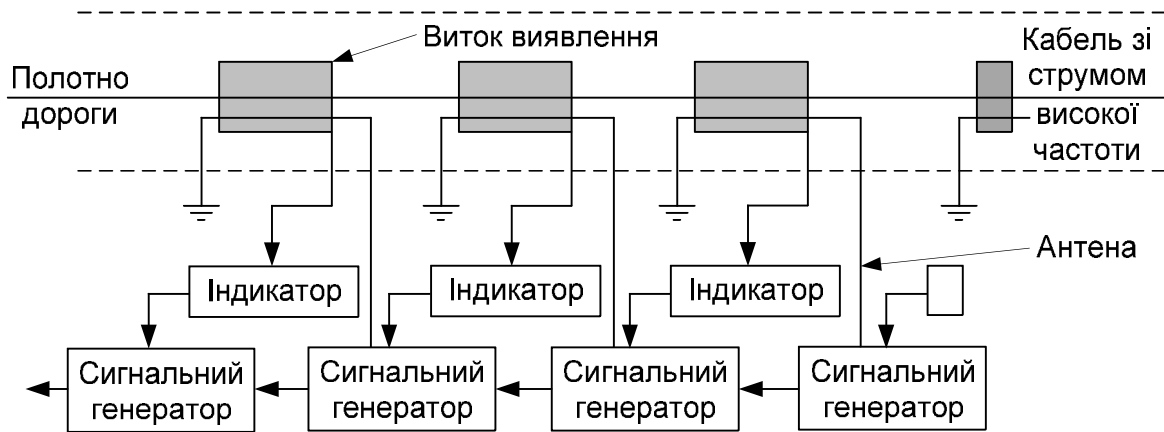


Рисунок 2.63 – Структурна схема для автоматичного керування автомобілями на дорозі

Може бути створена також система регулювання швидкості руху. Така система з електромеханізмами для перемикання передач дозволяє повністю автоматизувати керування серійних автомобілів. Автоматизовані системи керування автомобілів в перспективі можуть отримати широке практичне застосування. У таких автомобілях функції водіння можуть бути передані електроніці і автоматиці, які мають ряд істотних переваг перед людиною. Водій може включити "автопілот" і зайнятися сторонньою справою. Автомобіль самостійно при необхідності пригальмує або розженеться до заданої швидкості. Такі системи "думаючого автомобіля" і "розумної дороги" в Японії планується ввести на основних швидкісних магістралях, починаючи з 2012 р.

Багато зарубіжних фірм приділяють особливу увагу розробці систем, що забезпечують високу безпеку руху. Так, наприклад, фірма Тойота на останніх моделях шостого покоління встановлює 17 оригінальних систем безпеки, які вирішують проблему безпеки автомобіля в цілому, а не окремих його вузлів і елементів. Загальна кібернетична система безпеки складається з чотирьох категорій технічних нововведень: система профілактико-попереджувальної безпеки, система уникнення аварій і зіткнень, система мінімізації пошкоджень при зіткненнях і система мінімізації пошкоджень після зіткнення.

У першу категорію входить блок "боротьби з дрімотою", який реєструє пульс водія і чіткість водіння автомобіля, фіксує "переддрімотний" стан і зниження "рівня пильності" і подає сигнал тривоги шляхом вібрації крісла водія і у разі потреби зупиняє автомобіль.

Контроль за тиском повітря в шинах здійснює комп'ютер, тиск вимірюється у всіх колесах при русі автомобіля і у разі його зниження попереджається водій. Спеціальні протипожежні сенсори контролюють температуру під капотом двигуна і попереджають про перегрів двигуна. Передбачено автоматичне регулювання фар. Для цієї мети спеціальний радар і відеокамери вивчають і аналізують дорогу, встановлюють оптимальний світловий режим і попереджають "засліплення" водія зустрічного автомобіля. На передньому бампері встановлено два бічні монітори (камери), за допомогою яких реєструється бічний огляд і фіксуються "сліпі кути". Спеціальна інформаційна система виводить на лобове скло швидкість руху, запас палива і поточні дані про дистанції між автомобілями, що рухаються попереду і ззаду, про виниклі несправності і т.д. Є спеціальна система пізнавальних "сигналів про наміри", яка за допомогою бортової ілюмінації залежно від ситуації інформує: "після вас", "скоро гальмую", "попереду перешкода", "допоможіть мені". Система навігаційного комплексу відтворює на дисплеї карту дороги, маршрут руху, відстань в кілометрах, дорожні умови, наявність зон відпочинку і ін.

Друга категорія технологічних нововведень включає систему автоматичного гальмування і зупинки, яка за допомогою вбудованого радара і відеокамери визначає відстань до перешкоди і враховує параметри руху. У разі потреби включається аудіовізуальний сигнал тривоги, який попереджує водія про можливе зіткнення і якщо водій не приймає відповідних маневрів, здійснюється автоматично гальмування і зупинка автомобіля. Друга система "SOS" призначена для екстреної зупинки автомобіля у разі раптового нападу болю і погіршення стану здоров'я. При натисненні на кнопку "SOS" вступає в дію автоматична система зупинки автомобіля і включається сигнал "допоможіть мені".

Третя категорія включає чотири системи безпеки: "подушки безпеки", ремені безпеки, систему автоматичного гальмування і зупинки автомобіля після зіткнення, а також спеціальний надувний "мішок" в капоті, який "спрацьовує" у разі зіткнення з людиною для полегшення його "контакту" з автомобілем.

Остання четверта категорія складається з системи пожежогасіння, сповіщення і "штурманського запису". Система пожежогасіння включається натисненням кнопки. У критичних ситуаціях автоматично відкривається капот для надання "зовнішньої допомоги".

Система сповіщення про ДТП здатна автоматично встановлювати зв'язок з поліцейським комп'ютером з вказуванням місцезнаходження автомобіля і його ступеня пошкодження. Система "штурманського запису" ("чорний ящик") фіксує характеристики руху автомобіля і за допомогою камер реєструє відеокартинку.

Описана унікальна кібернетична система гарантує зниження дорожньо-транспортних пригод мінімум на 50 %.

3 СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНАМИ

3.1 Призначення, принципи роботи систем керування двигунами. Критерії керування

Призначення систем керування двигунами (СКД)

Двигун є пристроєм, який виконує функцію керованого перетворення хімічної енергії палива в механічну роботу (енергію).

Як об'єкт керування двигун характеризується:

– **вхідними параметрами** - параметрами, які впливають на перебіг робочого процесу в двигуні. Їх значення визначаються зовнішніми впливами на двигун зі сторони водія або СКД, тому їх також називають параметрами керування. До їх числа можна віднести:

- кут відкриття дросельної заслінки $\varphi_{др}$;
- кут випередження запалювання θ ;
- циклова подача палива $G_{пц}$;
- циклове наповнення двигуна повітрям $G_{вц}$ і т.д.;

– **вихідними (керованими) параметрами**, які характеризують стан двигуна в робочому режимі. До них відносяться:

- частота обертання колінчатого вала двигуна n ;
- вихідна потужність на валу P ;
- крутний момент $M_{кр}$;
- показник паливної економічності g_e ;
- показники токсичності відпрацьованих газів (вміст CO, CH, NO_x) та ін.;

– **внутрішніми параметрами або параметрами стану**, які характеризують робочі процеси, стан систем забезпечення, конструктивні особливості двигуна.

Наприклад:

- температура двигуна $T_{дв}$;
- напруга в електричній мережі U_0 ;
- ступінь стиснення робочої суміші та ін.;

– **зовнішніми впливами**, які носять випадковий характер і заважають керуванню. До них можуть бути віднесені:

- температура атмосферного повітря T ;
- атмосферний тиск p ;
- вологість повітря h і т.п.

Призначення системи керування полягає в тому, щоб забезпечити оптимальний склад робочої суміші в циліндрах двигуна і запалити її в циліндрі двигуна в певний момент часу.

Склад робочої суміші характеризується двома основними показниками:

- відношенням кількості палива і повітря в складі суміші (показник - «лямбда» (λ));
- гомогенністю (однорідністю) тобто якістю змішування складових частин суміші.

Момент запалювання суміші визначається кутом випередження запалювання.

Принципи керування

Принцип керування дає загальну уяву про спосіб керування об'єктом керування. Він показує, як об'єкт керування повинен реагувати на збурення і сигнали керування. Охарактеризуємо принципи, покладені в основу побудови існуючих систем керування.

Автомобільний двигун (АД) являє собою систему, яка складається з окремих підсистем: впорскування палива, запалювання, охолодження, мащення і т.д. Всі системи пов'язані одна з одною і при функціонуванні вони утворюють єдине ціле.

Керування двигуном неможна розглядати у відриві від керування автомобілем. Швидкісні та навантажувальні режими роботи двигуна залежать від швидкісних режимів руху автомобіля в різних умовах експлуатації, які включають в себе прискорення і сповільнення, рух з відносно постійною швидкістю, зупинки.

Водій змінює швидкісний та навантажувальний режим двигуна, впливаючи на передаточне відношення трансмісії автомобіля і педаль акселератора (дросельну заслінку). Вихідні характеристики двигуна при цьому залежать від складу паливо-повітряної суміші та кута випередження запалення, керування якими здійснюється за допомогою механічних, електронно-механічних чи електронних систем керування двигуном, автоматично (рис. 3.1).

Для двигуна внутрішнього згорання характерна періодична повторюваність робочих циклів. Тому важливим принципом керування двигуном є циклічність керування. Це обумовлює необхідність узгодження частотних параметрів керованих впливів з частотою робочих циклів двигуна. Іншими словами, СКД повинна встигати сприймати інформацію про стан двигуна, обробляти її і передавати відповідні керовані впливи на двигун протягом обмежених у часі тактів робочого циклу (2-3 мс), що накладає жорсткі вимоги на швидкодію СКД.

Як об'єкт керування двигун є нелінійним, оскільки реакція на суму будь-яких зовнішніх впливів не дорівнює сумі реакцій на кожний з впливів окремо. Враховуючи, що двигун звичайно працює на нестаціонарних (змінних у часі) режимах, виникає проблема оптимального і адаптивного (такого, що автоматично налаштовується) керування двигуном. Принципи оптимального і адаптивного керування стало можливим реалізувати завдяки розвитку електронних систем керування.

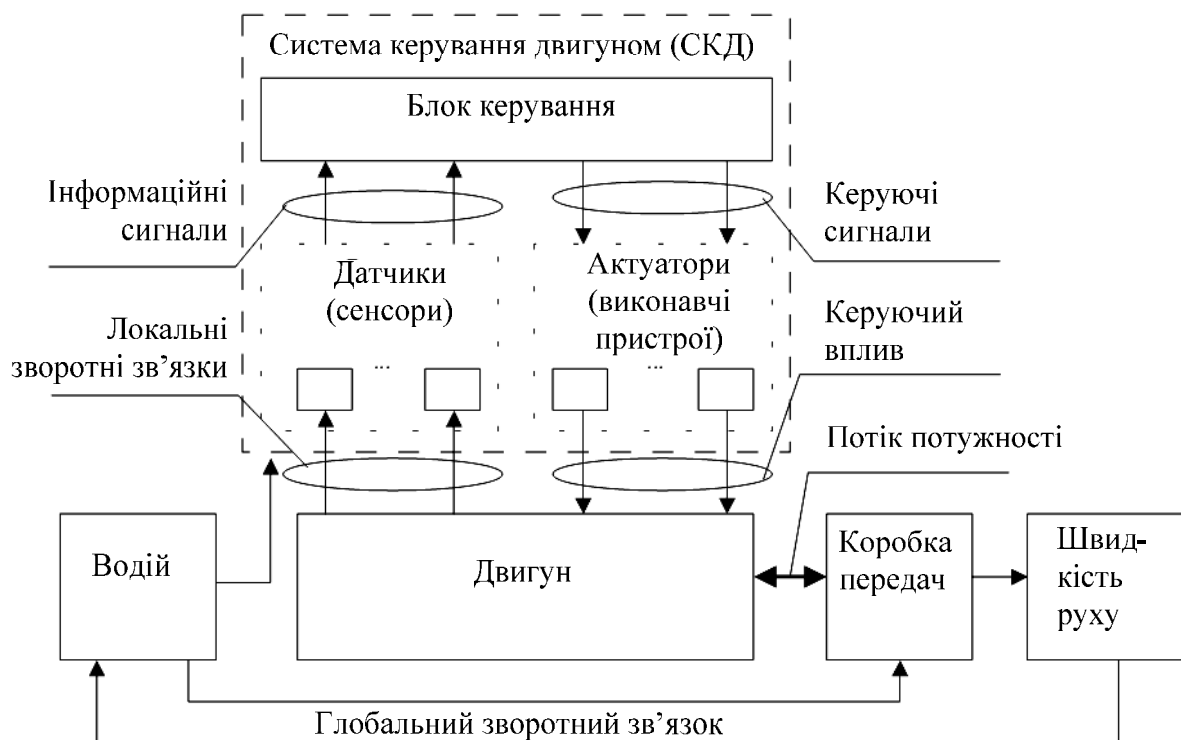


Рисунок 3.1 – Схема процесу керування автомобільним двигуном

Слід відмітити, що для побудови оптимальних адаптивних систем керування потрібна наявність математичних моделей об'єкта керування. Через складність конструкції, наявність допусків на розміри деталей, двигуни однієї і тієї ж моделі мають різні характеристики. Крім того, за конструктивними параметрами відрізняються і окремі циліндри багатоциліндрового двигуна. В зв'язку з цим, загальні, достатньо точні і повні математичні моделі двигунів внутрішнього згоряння в традиційному аналітичному вигляді на даний час відсутні (це характерно для більшості складних технічних систем). Вихід знаходять у побудові емпіричних залежностей між параметрами індивідуальних типів двигунів та поданні їх у формі таблиць. Ці таблиці містять великі об'єми даних і можуть бути використані в системах керування тільки при наявності засобів обчислювальної техніки, яка має достатній об'єм пам'яті та високу обчислювальну потужність.

Автомобільний двигун являє собою багатовимірний об'єкт керування, оскільки число входних параметрів у нього більше одного і кожний входний параметр впливає на два і більше вихідних. В такому випадку система керування повинна бути багатовимірною. Для багатовимірних об'єктів керування таблиці залежностей між параметрами повинні бути також багатовимірними. Такі таблиці та їх графічне подання називають *характеристичними картами* (див. п. 2.6).

Широке розповсюдження автомобільних двигунів зумовило велике різноманіття їх конструкцій. Це приводить до багатоваріантності систем

керування. Так, якщо в карбюраторних системах паливоподачі практично не використовується електроніка, то сучасні системи впорскування палива створюються лише на основі керування електронними системами. Це приводить, в свою чергу до взаємного впливу розвитку електронної техніки на конструктивну реалізацію проєктованих двигунів.

На основі вищевикладеного сформулюємо основні принципи керування двигуном:

- циклічність керування впливів, синхронізація з тактами робочого циклу двигуна;
- поєднання програмного керування з оберненими зв'язками;
- оптимальність і адаптивність керування.

Критерії керування

Вибір критеріїв керування диктується цілями або цільовими задачами, які вирішуються об'єктом керування.

Автомобільний двигун - складна система, цільові задачі якої відповідають потребам різних груп людей і суперечливі вже хоча б з цієї причини. Так, перед конструктором двигуна стоїть проблема зробити максимально надійний, максимально потужний двигун. Споживач очікує появи на ринку максимально простого в експлуатації, дешевого і економічного автомобіля; відповідних якостей він очікує і від двигуна. Легкий, безшумний, екологічно чистий двигун - вимога борців за охорону навколишнього середовища. Система керування двигуном як система, що забезпечує його оптимальне функціонування, підпорядкована цільовим задачам керованої системи, тобто двигуна.

Вважається, що основне призначення систем керування двигуном полягає в забезпеченні максимальної потужності двигуна при мінімальній витраті палива (енергії) та мініимальному вмісті шкідливих речовин у відпрацьованих газах. Можна показати, що такої ідеальної системи керування (яка задовольняє одразу всі ці критерії) в природі не існує.

Припустимо, що вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах залежить від якості робочої суміші, яка поступає в циліндри поршневого двигуна. Спочатку якість суміші охарактеризуємо словесно: багата, бідна і нормальна, що відповідно означає надлишок, нестачу і відносно раціональний вміст палива в її складі. Подані на рис. 3.2 залежності потужності і економічності двигуна від якості суміші говорять про те, що максимальну потужність можна отримати при багатій суміші, мінімуму витрати палива - при збідненій.

Принципово неможливо створити таку систему керування, яка одночасно задовольняла б критерії максимуму потужності і мінімуму витрати палива. Принципово - тому, що суміш не може бути і бідною і багатою одночасно.

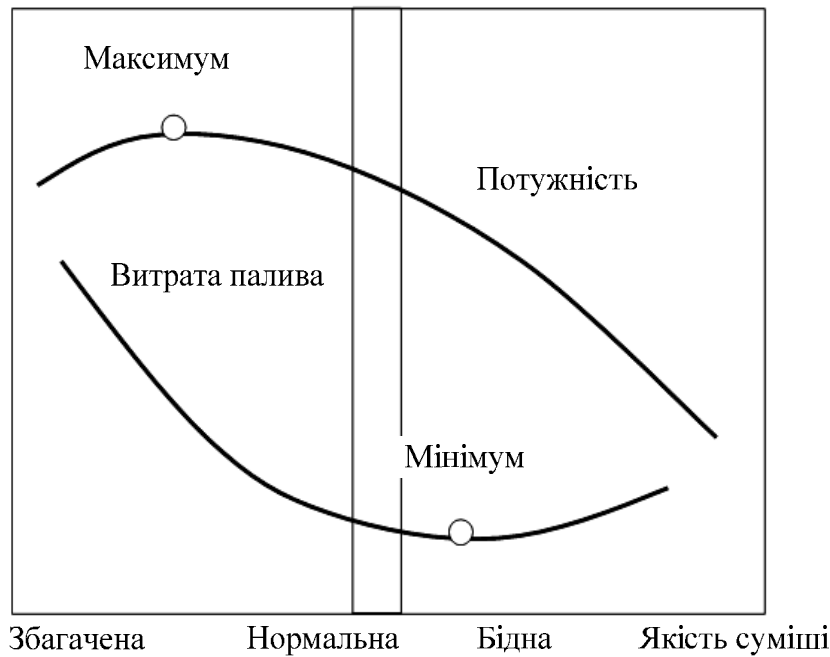


Рисунок 3.2 – Залежність потужності та економічності двигуна від якості суміші

Для збільшення потужності можна пожертвувати деякою кількістю палива, збагачуючи суміш, що, до речі, і роблять на окремих режимах роботи двигуна (наприклад, при запуску, на режимах максимальних навантажень) або на окремих класах автомобілів. Це призводить до інтенсивного утворення нагару, підвищених навантажень на механізми і вузли двигуна і автомобіля та, як наслідок, до різкого зниження надійності двигуна, його ресурсу.

В інтересах підвищення економічності АД деякі виробники спеціально збіднюють робочу суміш. При цьому виникають тенденції до детонації, двигун перегрівається через повільне згоряння палива. У підсумку - той же ефект. Як знайти компроміс між цими вимогами, що взаємно виключають одна одну? Компроміс був знайдений. В його основі - останній з наведених критеріїв - екологічна безпека автомобільного транспорту.

Системи керування створюють насамперед для забезпечення стабільної та екологічно безпечної роботи двигуна.

Таким чином, правильніше було б визначити систему керування двигуном як таку, що намагається забезпечити максимально безпечну (з точки зору охорони навколишнього середовища) роботу двигуна, при прийнятних значеннях потужності та економічності двигуна.

3.2 Параметри керування, що забезпечують потрібну потужність, паливну економічність та екологічність двигунів

В автомобілях як привідні двигуни використовуються переважно двигуни внутрішнього згоряння (теплові двигуни). При цьому хімічно

зв'язана в паливі енергія перетворюється в теплову енергію і в результаті дії тиску газу в механічну кінетичну енергію.

Паливо для бензинових і дизельних двигунів складається з різних вуглеводневих сполук. При згорянні вуглеводні розчіпляються на вуглець і водень та обидва з'єднуються з киснем всмоктуваного повітря. Повітря при нормальних умовах вміщує 21% об'єму кисню.

Повне згорання відбувається, коли з повітрям змішується саме стільки палива, скільки необхідно для окислення з даним киснем. При ідеальному повному згоранні виникають не шкідливі для здоров'я речовини, а двоокис вуглецю і вода.

У реальному процесі разом з нешкідливими вихлопними газами азотом (N), водяною парою (H_2O) і двоокисом вуглецю (CO_2) як продукти неповного згорання з'являються окисли вуглецю (C), частково незгорілі вуглеводні (HC) і чадні гази (NO_x), а також двоокис сірки (SO_2) і сажа.

Шкідливі речовини істотно залежать від процесу згорання. У бензиновому двигуні всмоктується повітряно-паливна суміш і запалюється іскрою незадовго до кінця такту стискування (стороннє запалення). Температура стискування не така висока, щоб наступило самозаймання. Температура самозаймання палива повинна бути відносно високою, щоб суміш не запалала сама по собі при збільшенні температури в результаті стискування. Ця властивість виражається також стійкістю проти детонації. Мірою для цього служить октанове число. Чим вище октанове число, тим вища детонаційна стійкість. Розрізняють октанове число за дослідницьким методом (research oktan number (RON)) і октанове число за моторним методом (motor oktan number (MON)), які визначаються різними методами. Паливо повинне мати таке октанове число:

- звичайний бензин - мінімум 91 ROZ;
- супер (Eurosuper) - мінімум 95 ROZ;
- супер плюс - мінімум 98 ROZ.

Оцінка пропорції палива і повітря в суміші здійснюється за коефіцієнтом надлишку повітря або так званим коефіцієнтом «лямбда». Коефіцієнт надлишку повітря λ - це відношення всмоктуваної двигуном і потім витраченої кількості повітря L до кількості повітря, необхідної для повного згорання, тобто $\lambda = L / L_T$ (L_T - теоретична потреба в повітрі).

Якщо у всмоктуване повітря додається більше палива, то виходить багата суміш ($\lambda < 1$) і вуглеводні згорають лише частково. Вміст HC і C у вихлопному газі відповідно підвищується. При бідній суміші ($\lambda > 1$) паливо повністю згорає і у вихлопному газі залишається кисень. В результаті поганого згорання знову підвищується частка HC при зростаючій лямбді.

Гази, що виникають головним чином при неповному згоранні, - отруйні і тому світова спільнота ухвалює закони, які обмежують шкоду, що заподіюється автомобільним транспортом атмосфері і людям.

На рис. 3.3 наведені графіки вмісту небезпечних речовин у складі вихлопних газів двигуна внутрішнього згорання, які пояснюють доцільність підтримки значення коефіцієнта λ , рівним 1 (або близьким до 1).

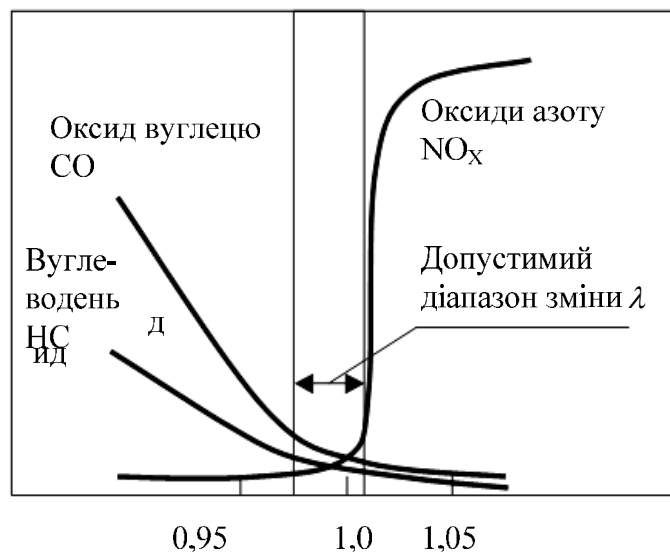


Рисунок 3.3 – Залежність вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах від складу горючої суміші

Потужність, паливна економічність двигуна, його екологічні показники тісно пов'язані з характеристиками згорання робочої суміші в двигуні, які, у свою чергу, залежать від багатьох чинників, і перш за все від таких як:

- конструкція циліндро-поршневої групи;
- турбулентність робочого заряду в циліндрі;
- характеристики палива;
- наявність залишкових вихлопних газів в циліндрі;
- температура робочої суміші;
- енергія запалення суміші;
- встановлення моменту запалення;
- якість приготування робочої суміші.

Якщо перші три чинники залишаються відносно стабільними в процесі експлуатації АД і слабо керовані, то останні п'ять, і перш за все, момент запалення та якість приготування суміші є достатньо динамічними змінними. Ними можна керувати. Правильний підбір параметрів цих чинників може зробити істотний вплив на стабільність роботи АД на всіх його режимах.

3.3 Особливості систем керування бензинових двигунів

На даний час системи керування двигунами автомобілів з іскровим запалюванням палива складаються як мінімум з двох підсистем:

— системи керування складом паливної суміші (рис. 3.4), тобто регулювання співвідношення повітря/паливо (системи впорскування);

– системи керування моментом запалювання.

Раніше ці дві системи розвивалися окремо одна від одної. Дослідження характеристик роботи двигуна спільно з вимогами до складу вихлопних газів показують, що ці системи не є незалежними. Наприклад, зміна складу паливної суміші повинна викликати зміну моменту запалювання для забезпечення максимальної ефективності двигуна (за обраним критерієм).



Рисунок 3.4 – Класифікація систем впорскування палива

Для поліпшення якості керування двигуном логічно використовувати один процесор (контролер), який може обробляти вхідні сигнали і виробляти сигнали керування для обох систем одночасно.

Сучасна концепція електронної СКД ґрунтується на застосуванні єдиного блока керування системою запалювання і впорскування палива, а також інших систем автомобіля: рульового керування, підресорювання, автоматичної коробки передач, включення і виключення зчеплення, бортової діагностики і ін.

Кожна з систем, керованих контролером, також забезпечується системою захисту від непередбачуваних наслідків у разі відмови контролера.

Керування запалюванням ґрунтоване на визначенні кута випередження запалювання відповідно до інформації, що поступає від датчиків:

- швидкості і положення маховика двигуна;
- тиску і температури повітря у впускному колекторі;
- температури охолоджувальної рідини;
- положення дросельної заслінки;
- напруги в бортовій мережі.

В підсистемі запалювання використовуються карти, записані в постійну пам'ять мікропроцесора. У контролері на основі сигналів від датчиків і оптимізованих характеристичних карт подаються відповідні сигнали випередження запалювання на первинну обмотку котушки запалювання.

Системи впорскування бензинових двигунів відрізняються за місцем утворення паливноповітряної суміші. Існують системи впорскування із зовнішнім і з внутрішнім сумішоутворенням. Розглянемо їх детальніше.

Системи впорскування із зовнішнім сумішоутворенням

В цих системах робоча суміш утворюється за межами камери згоряння, у впускному колекторі. Ця група систем впорскування складається з двох підгруп:

- системи багатоточкового впорскування палива (multi point injection system);
- система одноточкового впорскування палива (single point injection system).

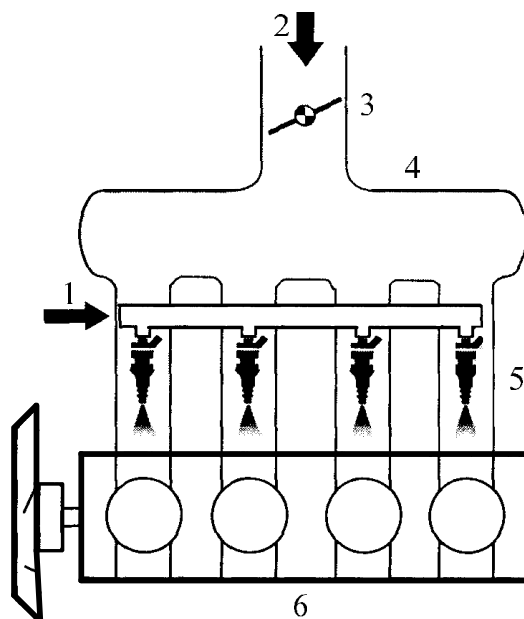
Система багатоточкового впорскування палива

В такій системі кожен циліндр має свою форсунку, паливо впорскується безпосередньо на впускний клапан кожного циліндра (рис. 3.5). Еволюція цієї системи впорскування пройшла такі етапи:

- механічна система впорскування палива K-Jetronic (mechanical injection system). В ній маса впорскуваного палива визначається дозуючим розподільним пристроєм, від якого паливо поступає у форсунку, що відкривається при певному тиску. Потім відбувається постійне впорскування палива;

- електронно-механічна система впорскування палива KE-Jetronic (electronic-mechanical injection system), це та ж система K-Jetronic, доповнена електронікою, що управляє роботою бензонасоса і дозатора-розподільника. Електроніка забезпечує точніше керування впорскуванням в різних режимах роботи двигуна;

- електронні системи впорскування палива (electronic injection system) L-Jetronic, LH-Jetronic (і пізніші розробки - інтегровані системи управління двигуном M-Motronic, ME-Motronic). У цих системах забезпечується переривисте (дискретне) впорскування палива через форсунки з електромагнітним керуванням. Кількість впорскуваного палива визначається тривалістю відкриття форсунки при заданому тиску палива.

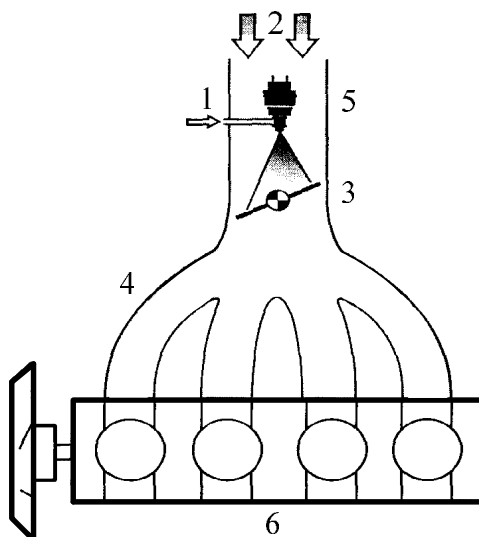


1 - паливна магістраль; 2 – повітря; 3 - дросельна заслінка; 4 - впускний колектор;
5 - форсунка (форсунки); 6 - блок циліндрів

Рисунок 3.5 – Система багатоточкового впорскування палива

Система одноточкового впорскування палива

В цій системі (у Bosch є дві конструкції такого впорскування – Mono-Jetronic і Mono-Motronic) (single point injection system Mono-Jetronic and Mono-Motronic) впорскування здійснюється однією форсункою з електромагнітним керуванням. Основний елемент системи – блок центрального впорскування з електромагнітною форсункою, яка імпульсно впорскує паливо у простір над дроселем (рис. 3.6).



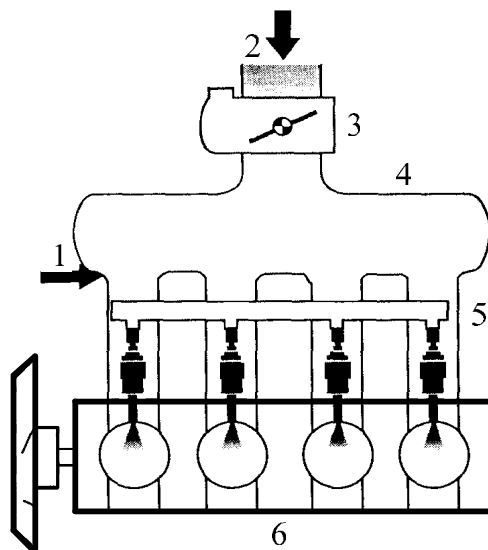
1 – паливна магістраль; 2 – повітря; 3 – дросельна заслінка; 4 – впускний колектор;
5 – форсунка; 6 – блок циліндрів

Рисунок 3.6 – Система одноточкового впорскування палива

Системи впорскування із внутрішнім сумішоутворенням

Це системи з так званим безпосереднім впорскуванням палива. В них паливо впорскується електромагнітними форсунками безпосередньо в камеру згоряння кожного циліндра (рис. 3.7). Такий спосіб впорскування палива дозволяє двигуну працювати на дуже збіднених сумішах, забезпечуючи високу економічність. Ранні реалізації цієї системи впорскування були чисто механічними, найвідоміша з них «Kugelfischer» для автомобілів BMW.

Сучасні системи безпосереднього впорскування реалізуються виробниками в різних конструкціях. Наприклад, у японського виробника Mitsubishi вона називається GDI і встановлюється на автомобілі приблизно з 1997 року. Конструктивно ця система схожа на систему розподіленого впорскування з електронним керуванням (є паливна рампа і електромагнітні форсунки). В іншого виробника, Toyota, в цій системі використовуються електромагнітні насос-форсунки і конструктивно вона схожа на систему впорскування дизельних двигунів з насос-форсунками.



1 – паливна магістраль; 2 – повітря; 3 – дросельна заслінка; 4 – впускний колектор;
5 – форсунка (форсунки); 6 – блок циліндрів

Рисунок 3.7 – Система безпосереднього впорскування палива

Система «Bosch Motronic»

«Bosch Motronic» (injection system Bosch Motronic) являє собою систему впорскування, в блок керування якої інтегровані функції двох систем – запалювання і впорскування палива. ECU «Bosch Motronic» (рис. 3.8) за сигналами входних датчиків, які фіксують поточний стан і режим роботи двигуна, використовуючи тривимірну характеристику впорскування, що зберігається в пам'яті ECU, обчислює початок і

тривалість відкриття форсунки впорскування. Ця система впорскування має підсистему нейтралізації вихлопних газів і підсистему утилізації парів бензину, керування роботою яких здійснюється за даними датчика кисню. Крім того, стандартна сервопривідна підсистема стабілізації обертів холостого ходу доповнена функцією керування за кутом випередження запалювання.



Рисунок 3.8 – Схема інформаційних потоків системи керування двигуном MED 9.1

Важливою особливістю системи «Bosch Motronic» є її здатність адаптуватися до змін зовнішніх умов (температури, вологості, тиску), а також до експлуатаційного зносу деталей самого двигуна (зниження компресії, порушення герметичності впускної системи і т. п.).

3.4 Особливості систем керування дизельних двигунів

Процеси згорання в дизельному двигуні залежать вирішальною мірою від того, як підготовлене паливо системою впорскування. Істотну роль при цьому відіграє паливний насос високого тиску (ПНВТ), що створює тиск палива, під яким воно нагнітається через магістралі високого тиску до форсунок і впорскується ними в камери згорання.

Відмінність систем впорскування дизельних двигунів полягає в механізмі створення високого тиску. На даний час існують такі системи

впорскування для дизельного двигуна:

- система з рядним ПНВТ;
- система з розподільним ПНВТ;
- система з індивідуальними ПНВТ;
- система Common Rail (injection system common rail).

Розглянемо більш детально кожен з цих систем впорскування.

Система впорскування з рядним ПНВТ

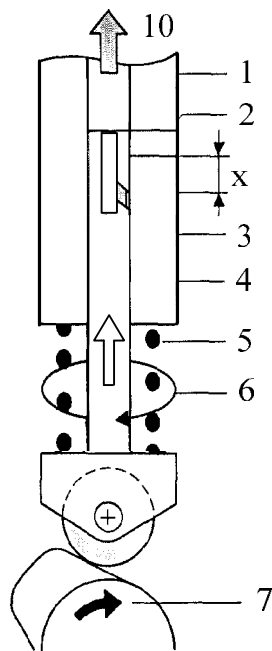
Конструкція цього типу має плунжерні пари 4-1 за числом циліндрів (рис. 3.9). Під час роботи плунжер 4 зміщується у напрямку подачі, який приводиться від двигуна кулачковим валом. Зворотна пружина приводить плунжер в початкове положення. Окремі секції ПНВТ розташовані в ряд – звідси і назва «рядний». Надлишковий тиск створений всередині плунжерної пари відкриває механічну форсунку і відбувається впорскування палива в камеру згоряння. Величина активного ходу плунжера змінюється його поворотом навколо власної осі за допомогою рейки ПНВТ, що дозволяє регулювати величину циклової подачі палива. Рейка керується механічним відцентровим регулятором, а в більш досконалих системах – електроприводом.

Різновидом ПНВТ цього типу є рядні ПНВТ з додатковими втулками 8 (рис. 3.10). Змінюючи її положення за допомогою виконавчого механізму, регулюють момент початку впорскування, незалежно від частоти обертання колінчатого вала.

Система впорскування з розподільним ПНВТ

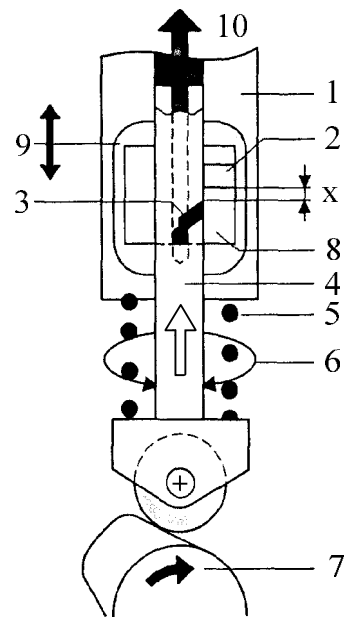
Насос в такій системі впорскування має єдиний нагнітальний елемент для всіх циліндрів. Паливopідкачувальний насос нагнітає паливо в камеру високого тиску 6 (рис. 3.10, 3.11). Високий тиск створюється за допомогою аксіального плунжера 4 (рис. 3.10 – аксіальний ПНВТ) або декількох радіальних плунжерів 4 (рис. 3.11 – радіальний ПНВТ). Обертальний центральний плунжер-розподільник напрямляє паливо через розподільний паз 8 до форсунок. В аксіальному ПНВТ величину циклової подачі визначає положення регулювальної втулки 5, момент початку впорскування встановлюється поворотом роликового кільця на необхідний кут (рис. 3.11). В радіальному ПНВТ регулювання моменту початку впорскування встановлюється поворотом кулачкової шайби на необхідний кут. Крім того, це регулювання і керування величиною циклової подачі палива здійснюється електромагнітним клапаном 5 (рис. 3.12).

Особливістю цієї системи є відсутність (або мінімальна довжина в системі UPS (unit pump system)) магістралі високого тиску, що дозволяє досягати тиску впорскування до 2050 бар і покращити процес впорскування. Є дві конструкції, побудовані за цією системою:



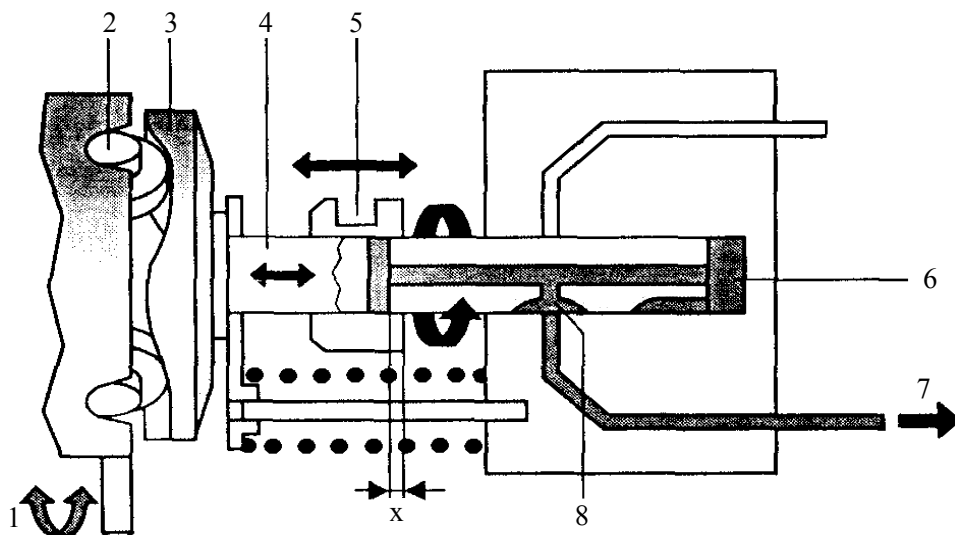
1 – гільза плунжера; 2 – впускне вікно;
3 – регулювальна крайка плунжера;
4 – плунжер; 5 – зворотна пружина
плунжера; 6 – поворот плунжера
регулювальною рейкою; 7 – кулачковий вал;
10 – подача палива до форсунки;
X – активний хід плунжера

Рисунок 3.9 – Система впорскування з
рядним ПНВТ



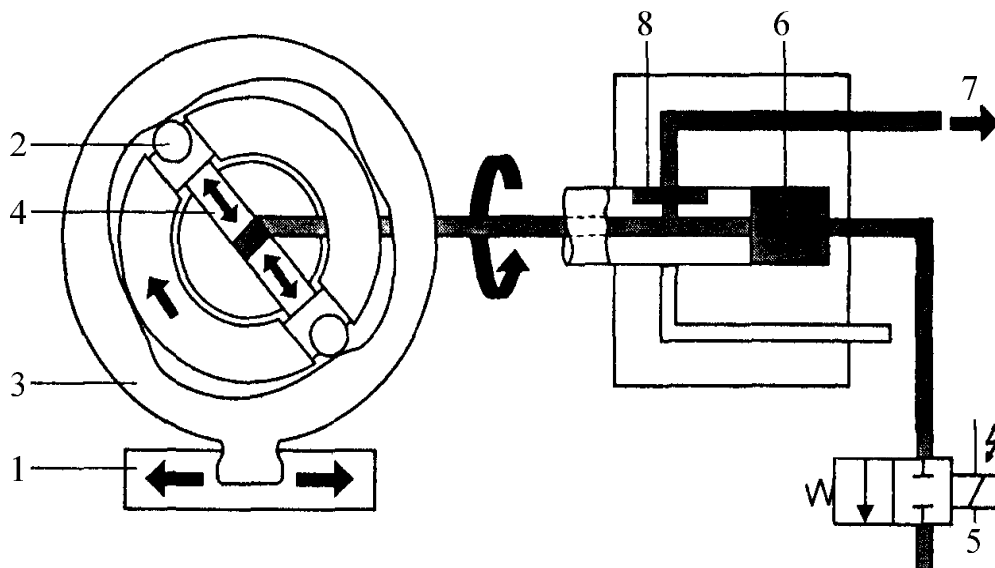
1 – гільза плунжера; 2 – впускне вікно;
3 – регулювальна крайка плунжера;
4 – плунжер; 5 – зворотна пружина
плунжера; 6 – поворот плунжера
регулювальною рейкою; 7 – кулачковий вал;
8 – додаткова втулка; 9 – зміна ходу
плунжера за рахунок регулювальної втулки;
10 – подача палива до форсунки;
X – активний хід плунжера

Рисунок 3.10 – Система впорскування з
рядним ПНВТ з додатковою втулкою



1 – траєкторія повороту роликового кільця; 2 – ролик; 3 – кулачкова шайба;
4 – аксіальний плунжер-розподільник; 5 – регулювальна втулка; 6 – камера високого тиску;
7 – подача палива до форсунки; 8 – розподільний паз; X — активний хід плунжера

Рисунок 3.11 – Система впорскування з розподільним аксіальним ПНВТ



1 – регулювання моменту впорскування поворотом кулачкової шайби; 2 – ролик; 3 – кулачкова шайба; 4 – радіальний плунжер; 5 – електромагнітний клапан високого тиску; 6 – камера високого тиску; 7 – подача палива до форсунки; 8 – розподільний паз

Рисунок 3.12 – Система впорскування з розподільним радіальним ПНВТ

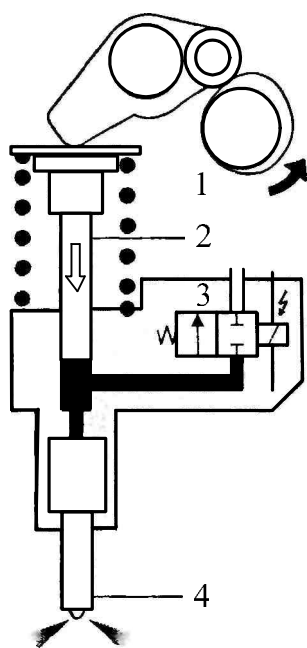
Система впорскування з індивідуальними ПНВТ

Система впорскування UIS (unit injector system). В ній насос і форсунка об'єднані в один агрегат (рис. 3.13). Привід насос-форсунки здійснюється від кулачка розподільного вала. Регулювання параметрів впорскування відбувається за допомогою електромагнітного клапана високого тиску 3.

Система впорскування UPS (unit pump system). Принципово вона не відрізняється від системи UIS, тільки насос і форсунка не об'єднані в один агрегат, їх з'єднує коротка магістраль (рис. 3.14). Така конструкція полегшує монтаж системи на двигун і, відповідно, спрощує обслуговування і ремонт системи.

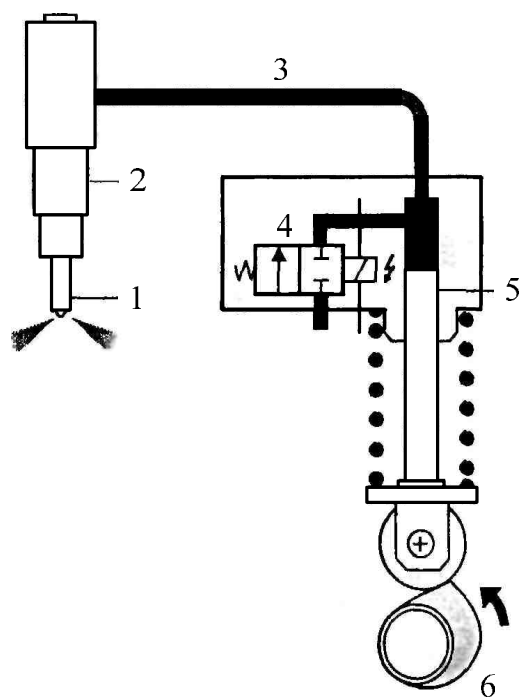
Система впорскування Common Rail

Особливістю конструкції цієї системи впорскування є розділення функцій створення високого тиску і регулювання впорскування. Тиск впорскування створюється і регулюється в автономному ПНВТ 1 незалежно від частоти обертання двигуна і величини циклової подачі палива. Він зберігається в акумуляторі тиску 2 (рис. 3.15). Кожний циліндр має електромагнітну форсунку впорскування з клапаном високого тиску. Регулювання впорскування здійснюється електронним блоком керування.



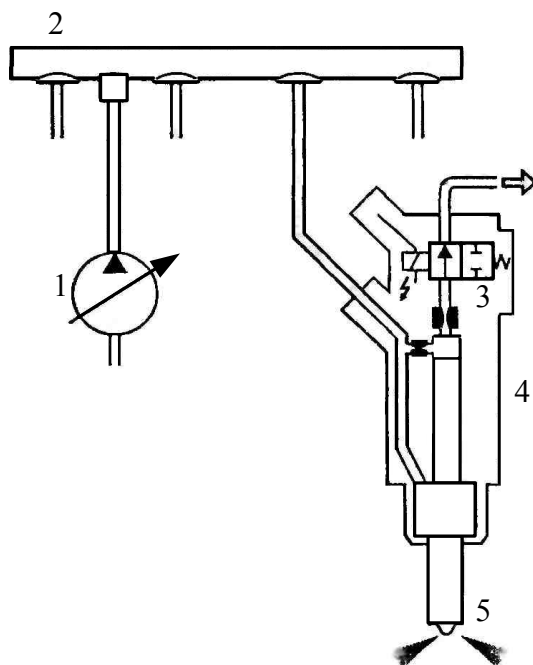
- 1 – кулачок приводу ПНВТ; 2 – плунжер;
3 – електромагнітний клапан високого тиску;
4 – розпилювач форсунки

Рисунок 3.13 – Система впорскування
UIS



- 1 – розпилювач форсунки; 2 – форсунка;
3 – магістраль високого тиску; 4 – електро-
магнітний клапан високого тиску; 5 –
плунжер; 6 – кулачок приводу ПНВТ

Рисунок 3.14 – Система впорскування
UPS



- 1 – автономний ПНВТ; 2 – акумулятор високого тиску; 3 – електромагнітний клапан
високого тиску; 4 – форсунка; 5 – розпилювач форсунки

Рисунок 3.15 – Система впорскування Common Rail

4 КЕРУВАННЯ ТРАНСМІСІЄЮ

Одна з найбільш актуальних проблем сучасного автомобілебудування - спрощення і полегшення керування автомобілем - не може бути вирішена без автоматизації керування трансмісією. Як показує більш ніж 50-літній досвід створення автоматичних трансмісій, їхнє удосконалювання йде за двома напрямками: автоматизація керування механічними трансмісіями, що складаються зі ступінчатої коробки передач і фрикційного зчеплення (тобто такими трансмісіями, якими обладнується переважна більшість автомобілів, що випускаються), і оснащення автомобілів автоматичними спеціалізованими трансмісіями, які забезпечують найбільш зручне, просте і легке керування, високу комфортабельність автомобіля.

За рівнем автоматизації керування трансмісії можуть бути розділені на напівавтоматичні, котрі автоматизують керування не цілком усією трансмісією, а тільки окремими її вузлами (наприклад, зчепленням), і автоматичні, керовані без участі водія.

Чим вище рівень автоматизації, тим більш складні задачі повинна вирішувати система керування, що, природно, пов'язано з її ускладненням і подорожчанням. Тому автоматичні трансмісії застосовуються переважно в автомобілях більш високих класів, хоча є і конструкції, пропоновані для встановлення на автомобілях малого класу. При цьому основне застосування як автоматичні трансмісії в даний час одержали гідромеханічні передачі. Підвищився інтерес до напівавтоматичних і автоматичних механічних трансмісій.

4.1 Системи керування зчепленням

Зчеплення (clutch) призначене для короткочасного роз'єднання вала двигуна від трансмісії і наступного їх плавного з'єднання, що звичайно необхідно при рушанні автомобіля з місця та після переключення передач під час руху.

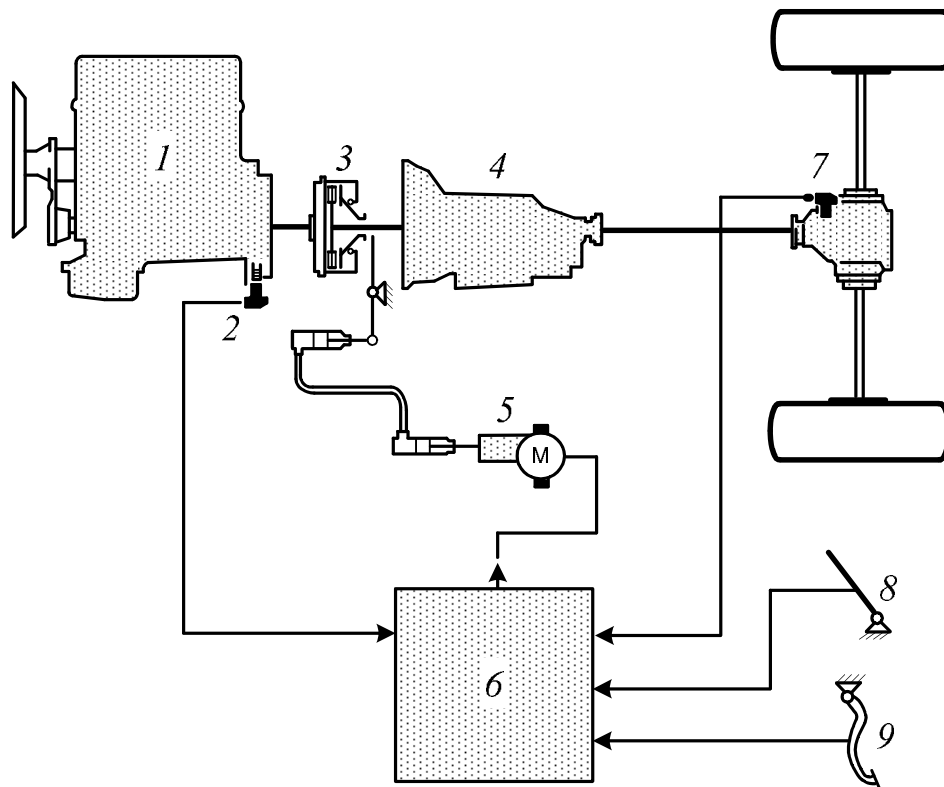
Застосування напівавтоматичних (звичайно із сигналом на вимикання або включення від важеля переключення передач) або автоматичних (звичайно відцентрових) фрикційних зчеплень дозволяє істотно спростити керування автомобілем, усунувши педалі зчеплення і приблизно в два рази [4] зменшивши роботу буксування при рушанні автомобіля з місця.

До напівавтоматичних зчеплень можна віднести, наприклад, зчеплення [3] із зусиллям включення, забезпечуваним електромагнітом. При подачі струму через щітки в кільцеву обмотку електромагніта, що знаходиться в маховику, до останнього притягається ведучий диск із натискним диском, притискаючи натискний диск (clutch pressure plate) до веденого. Якщо ланцюг електромагніта розімкнути, пружини відсунуть натискний диск від веденого

диска (clutch driven plate). Плавність включення забезпечується поступовим наростанням струму в електромагніті.

До автоматичних зчеплень можна віднести відцентрові зчеплення [4, стор. 17 - 24], наприклад колодки. При збільшенні кутової швидкості вала двигуна закріплені на маховику колодки під дією відцентрових сил притискаються до внутрішньої циліндричної поверхні веденого барабана. При зменшенні кутової швидкості вала двигуна поворотні пружини відводять колодки від барабана.

Автоматичне зчеплення (рис. 4.1) дозволяє здійснювати плавне рушення автомобіля з місця, а також може застосовуватися разом із сервомеханізмом включення з метою забезпечення цілком автоматичного переключення передач. До інших функцій автоматичного зчеплення можна віднести дії із керування стискальним зусиллям під час прискорення автомобіля і з переривання потоку потужності під час гальмування.



- 1 - двигун; 2 - датчик частоти обертання колінчатого вала двигуна; 3 - зчеплення;
4 - коробка передач; 5 - серводвигун; 6 - блок керування (electronic control unit);
7 - датчик (sensing element) швидкості; 8 - педаль подачі палива; 9 - педаль зчеплення

Рисунок 4.1 – Автоматичне зчеплення

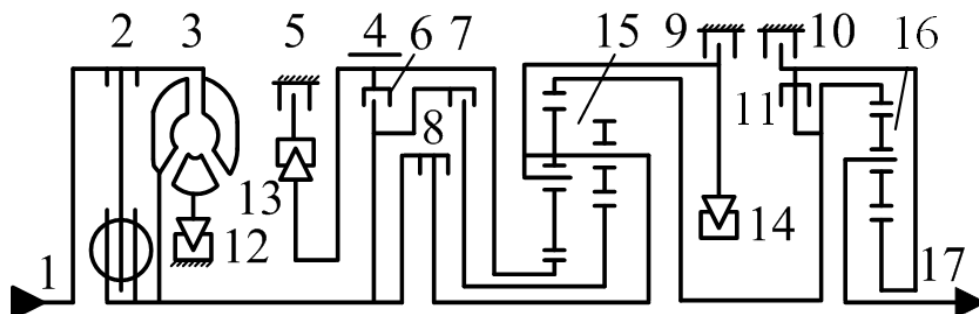
4.2 Автоматичні коробки передач

Коробка передач призначена для зміни передаточного числа трансмісії з метою одержання сил тяги на ведучих колесах і швидкостей

руху автомобіля в більш широкі межі, чим це може бути здійснено за рахунок зміни режимів роботи двигуна. Крім того, коробка передач дозволяє здійснити рух автомобіля заднім ходом і роз'єднати вал (shaft) двигуна від ведучих коліс на тривалий час, що необхідно при роботі двигуна на стоянці або при русі накатом.

Автоматичні коробки передач (automatic transmission) виконують операції із перемикання передач без участі водія. Втрати потужності в автоматичній коробці передач істотно більші, ніж у механічній. Однак це компенсується перевагами, пов'язаними з можливістю підтримки роботи двигуна в максимально економічному режимі. Автоматична коробка передач містить (рис. 4.2):

- гідротрансформатор (hydrotransformer) (завжди використовується в коробках передач легкових автомобілів; на вантажних автомобілях звичайно застосовується конструкція типу Trilok – з доцентровою турбіною): призначений для рушання з місця, збільшення крутного моменту і поглинання крутильних коливань;
- у коробках передач легкових автомобілів (як правило) і вантажних автомобілів (завжди) гідротрансформатор доповнюється блокувальною муфтою (joint box, clutch);
- кілька планетарних механізмів;
- багатодискові фрикціони з гідравлічним приводом, дискові чи стрічкові гальма (призначені для виконання переключень без розриву потоку потужності);
- механізми вільного ходу разом з елементами переключення для оптимального переключення передач;
- систему керування для вибору і плавного переключення передач відповідно до програми, установлюваної водієм автомобіля (табл. 4.1);
- гідронасос із приводом від двигуна: забезпечує тиск, необхідний для роботи елементів переключення, подає рідину до гідротрансформатора, забезпечує змащення й охолодження коробки передач.



- 1 – ведучий вал; 2 – блокувальна муфта; 3 – гідротрансформатор; 4 – стрічкове гальмо;
 5-11 – багатодискові фрикціони і гальма; 12-14 – механізми вільного ходу;
 15 і 16 – планетарні механізми; 17 – ведений вал

Рисунок 4.2 – Схема п'ятиступінчатої автоматичної коробки передач (ZF S HP 18)

Таблиця 4.1 – Діаграма перемикавання передач

Передача	Елемент передачі (рис. 4.1)									Передаточне число
	2	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	○				●		○	●		3,67
2	○	●	●		●			●		2,00
3	○	●	●		●				●	1,41
4	○		●		●	●			●	1,00
5	○	●	●			●			●	0,74
Задній хід	○			●			●	●		4,10

● – включено; ○ – може бути включено

Автоматичні коробки передач, установлені на легкових автомобілях, мають в основному 4, 5 чи 6 передач переднього ходу. Діапазон механічного перетворення знаходиться в межах від 3,0 до 6,0.

Автоматичні коробки передач для вантажних автомобілів можуть мати від 4 до 8 передач переднього ходу. Діапазон механічного перетворення змінюється в межах від 2 до 10. Ці коробки передач часто мають убудовані гідродинамічні сповільнювачі, а також гідронасос, великий піддон для нагромадження рідини та охолоджувач рідини.

Системи керування автоматичних коробок передач, у яких застосовується тільки гідравліка, починають витіснятися системами, у яких поєднуються елементи електроніки і гідравліки (гідравлічний привід зберігається тільки для фрикціонів). До переваг застосування електроніки відносяться:

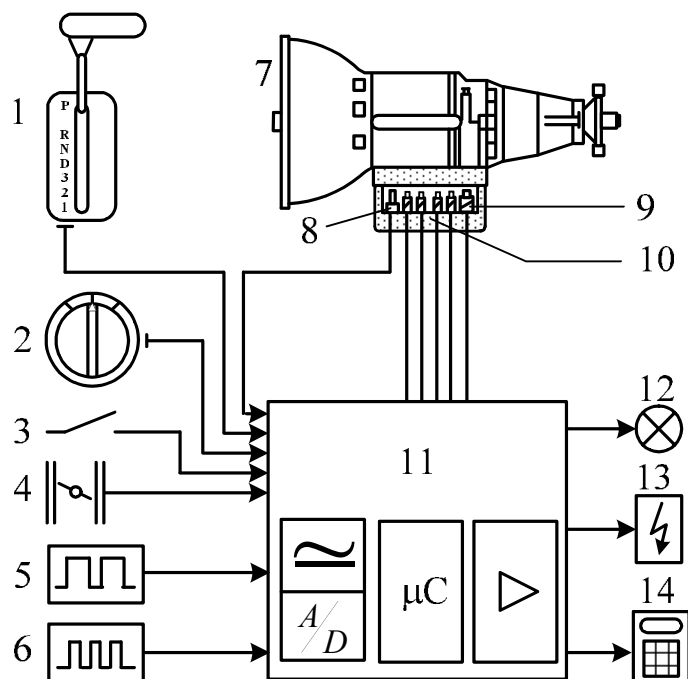
- можливість установлювати кілька різних програм переключення передач;
- велика плавність включення передач;
- гнучкість і пристосовуваність до різних типів автомобілів;
- застосування спрощених гідравлічних ланцюгів керування і механізмів вільного ходу.

Вимірювальні перетворювачі системи визначають навантаження, положення важеля переключення передач, положення перемикача програм і режиму "kick-down", а також частоту обертання вала двигуна і веденого вала коробки передач. Блок керування обробляє ці дані відповідно до встановленої програми і виробляє сигнали керування коробкою передач.

Електродинамічні перетворювачі утворюють зв'язок між електронними і гідравлічними ланцюгами, у той час як соленоїдні клапани пускають у хід фрикціони. При цьому використовуються аналогові чи цифрові регулятори тиску.

Керування переключенням передач. Під час вибору необхідної передачі системою (рис. 4.3) запитуються дані про частоту обертання веденого вала коробки передач і двигуна, перш ніж спрацює відповідний

соленоїдний клапан. Водій може вибрати необхідну програму переключення передач, наприклад, для забезпечення максимальної паливної економічності чи максимального швидкісного режиму. У процес переключення передач можна також у будь-який момент утрутитися за допомогою ручного переключення передач важелем.



1 – важіль переключення передач з позиційним переключенням; 2 – перемикач програм; 3 – примусове включення пониженої передачі ("kick-down"); 4 – датчик кута повороту дросельної заслінки; 5 – крутний момент двигуна (сигнал t_i); 6 – частота обертання колінчатого вала двигуна (сигнал запалювання); 7 – коробка передач; 8 – датчик частоти обертання веденого вала (хв^{-1}); 9 – регулятор тиску; 10 – соленоїдні клапани; 11 – електронний блок керування (ECU); 12 – індикатор відмов; 13 – зменшення крутного моменту двигуна регулюванням запалювання; 14 – блок діагностики

Рисунок 4.3 – Схема електронного керування коробкою передач

Інтелектуальні програми переключення передач оптимізують керування автомобілем, поповнюючи стандартні дані керування коробкою передач допоміжними параметрами, такими, як поздовжнє і поперечне прискорення і швидкість переміщення педаль гальма і подачі палива. Складна програма керування дозволяє вибрати відповідну передачу як для поточних умов руху автомобіля, так і для стилю керування. Наприклад: Porsche Tiptronic (рис. 4.4) забезпечується коробкою передач ZF 4 HP 22, що працює за програмою інтелектуального перемикування передач. У даній системі поєднуються режими автоматичного та активного індивідуального керування автомобілем.

На додаток до стандартних положень переключень важіль переключення передач може переходити до другої (рівнобіжної) логічної схеми, при якій простого легкого переміщення важеля поштовхом досить

для того, щоб негайно змінити передачу (якщо при цьому не буде перевищена частота обертання вала двигуна).

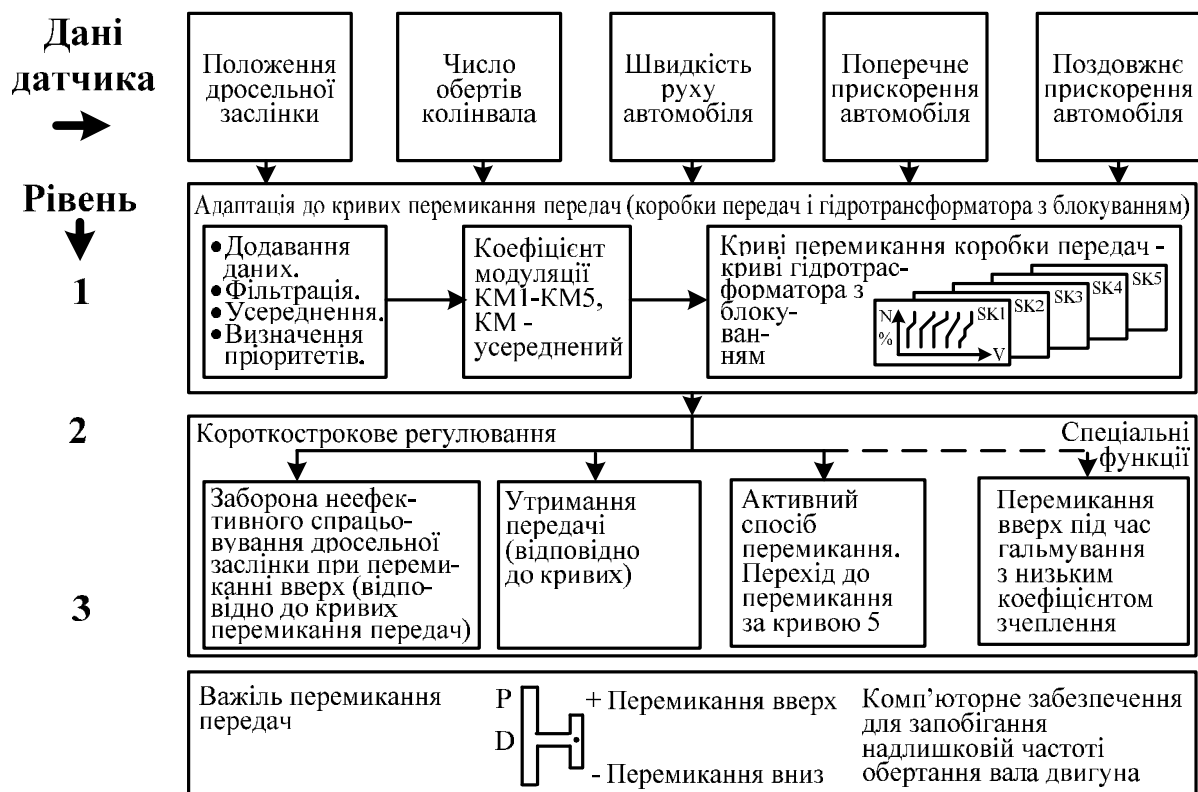


Рисунок 4.4 – Діаграма процесу переключення передач Tiptronic

Блокування гідротрансформатора. Механічна блокувальна муфта може використовуватися для підвищення ефективності роботи коробки передач за рахунок усунення проковзування в гідротрансформаторі. Змінними параметрами, використовуваними для визначення умов спрацьовування блокування гідротрансформатора, є навантаження на двигун і частота обертання веденого вала коробки передач.

Контроль якості перемикання. Точність, з якою тиск у фрикційних елементах регулюється в залежності від величини переданого крутного моменту впливає на якість перемикання; цей тиск установлюється за допомогою спеціального регулятора. Плавність переключення передач може підвищуватися за рахунок короткочасного зниження вихідної потужності двигуна на період переключення передач.

Захисні кола. Передбачені для виключення ушкоджень коробки передач, пов'язаних з помилкою водія, при цьому система на помилкові функції в електричній схемі спрацьовує за допомогою повернення до запасного режиму.

Кінцеві елементи керування. Елементи електрогідравлічного перетворення, такі як соленоїдні клапани і регулятори тиску, забезпечують зв'язок між електронними схемами і гідравлічними ланцюгами.

4.3 Повнопривідні автомобілі

Схема компонування з приводом на всі колеса покращує тягове зусилля легкових автомобілів, позашляховиків та вантажних автомобілів на мокрих та ковзних дорожніх покриттях та нерівній місцевості.

В автомобілях з постійним повним приводом та розподіленням крутного моменту порівно між ведучими осями використовується конічний диференціал або планетарний механізм. Розподіл крутного моменту змінюється за допомогою автоматичних або керованих диференціалів підвищеного тертя.

Керування повним приводом (з жорстким приводом на передній і задній мости, в'язкістною муфтою чи роздавальною коробкою) включає блокування диференціала в головній передачі і роздавальній коробці (яка має понижувальну передачу для руху на крутих уклонах, при низьких швидкостях і для передачі високих крутних моментів).

В'язкісна муфта (герметизований багатодисковий механізм з високов'язкою кремнійорганічною рідиною) являє собою ще один засіб приведення в дію приводу на всі колеса. Як тільки граничне тягове зусилля на постійно підключеному мосту перевищується, муфта, реагуючи на збільшення проковзування, починає передавати крутний момент до другого ведучого моста.

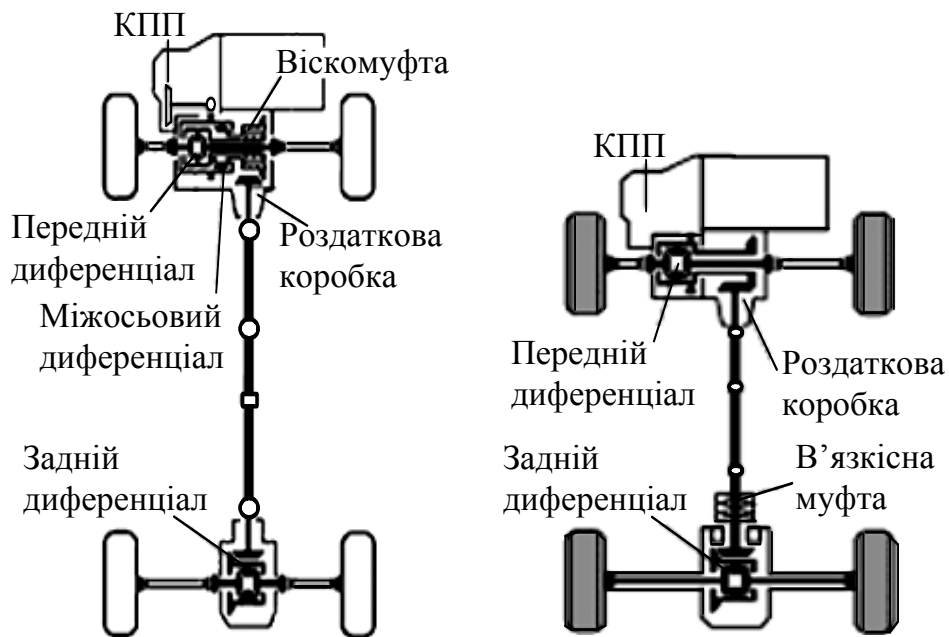


Рисунок 4.5 – Схеми повного приводу з в'язкісною муфтою

На більш сучасних автомобілях почали застосовувати додаткове блокування диференціала в роздавальній коробці, яке здійснюється відповідно до інтелектуально контролюваного функціонування гальм.

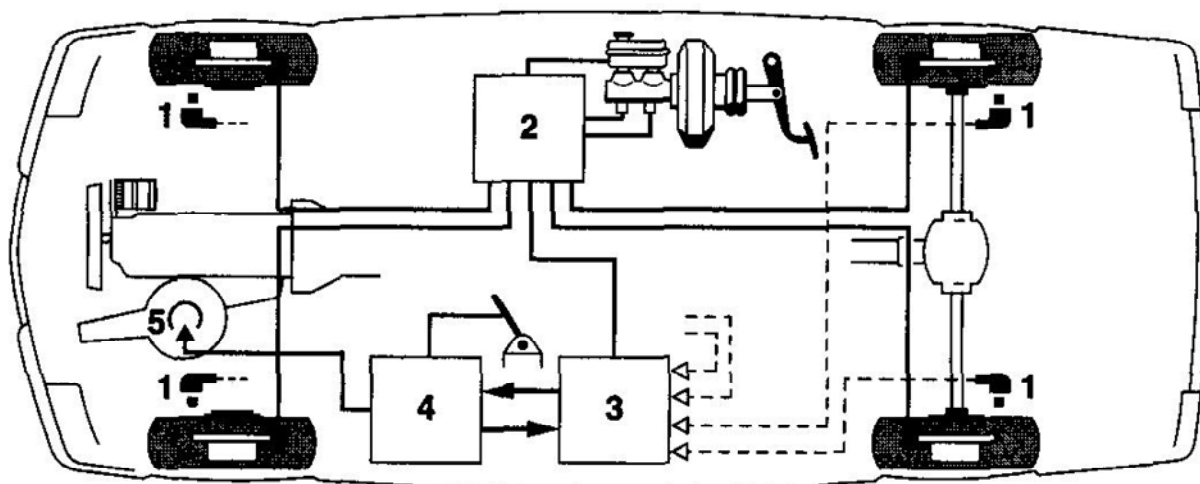
Самоблокувальні диференціали, в яких автоматично діє пристрій, що перешкоджає відносному обертанню ведених ланок, поступово витісняються електронними системами, наприклад, системою контролю

тягового зусилля (traction control system (TCS)). Така система забезпечує сповільнення провертання колеса шляхом використання гальм – коли потужність продовжує передаватись від трансмісії до пригальмованого колеса.

4.4 Системи контролю тягового зусилля

Під час прискорення автомобіля, коли надлишковий крутний момент призводить до швидкого підвищення частоти обертання одного чи двох ведучих коліс, система контролю тягового зусилля (рис. 4.6) підтримує проковзування ведучих коліс в межах допустимого рівня, виконуючи такі функції:

- підвищення сили тяги;
- підтримання курсової стійкості автомобіля.



1 - датчик частоти обертів колеса; 2 - гідравлічний модулятор TCS; 3 - блок керування TCS; 4 - блок керування ETC (EGAS); 5 - дросельна заслінка

Рисунок 4.6 – Система ABS/TCS для легкових автомобілів

Для оптимального керування крутним моментом на ведучих колесах механічний зв'язок між педаллю подачі палива і дросельною заслінкою (або важелем керування паливною форсункою на дизельних двигунах) замінений на електронне керування ETC (EGAS). Блок керування ETC з'єднаний з блоком керування ABS/TCS для забезпечення короткочасного спрацьовування гальм та контролю крутного моменту на колесах. Реакція системи узгоджується регулюванням моменту запалювання паливної суміші.

Можливості TCS можуть бути розширені додатковим пристроєм, який включає систему керування гальмівним моментом двигуна (motor schleppmoment regelung (MSR)).

5 СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДВІСКОЮ

5.1 Призначення та особливості будови електронних систем керування підвіскою

Підвіска забезпечує пружний зв'язок рами або кузова з колесами, пом'якшуючи поштовхи та удари, виникаючі при наїзді коліс на нерівності, передаючи всі сили і моменти між колесами і рамою.

Електронні системи автоматичного керування підвіскою призначені для підвищення безпеки і комфортабельності автомобіля шляхом автоматичної зміни пружності ресор і опору амортизаторів. Підвищення безпеки забезпечується шляхом збільшення жорсткості підвіски при русі з великою швидкістю по хороших дорогах, що зменшує крен автомобіля при виконанні поворотів та осідання при рушанні з місця, перемиканні передач і гальмуванні. Підвищення комфортності досягається шляхом зменшення жорсткості підвіски при русі з невеликою швидкістю, особливо по поганих дорогах. Крім того, зменшення крену і осідання кузова також дещо підвищує комфортність автомобіля. Електронний блок керування підвіскою працює на основі сигналів, що надходять від датчиків швидкості, положення рульового колеса, інтенсивності гальмування, кута відкриття дросельної заслінки, рівня кузова та тиску в системі (рис. 5.1).

Як виконавчі механізми використовуються електромагнітні клапани регуляторів положення кузова і жорсткості підвіски, а також електродвигуни або соленоїди, які регулюють силу опору амортизатора, шляхом зміни діаметра перепускного отвору.

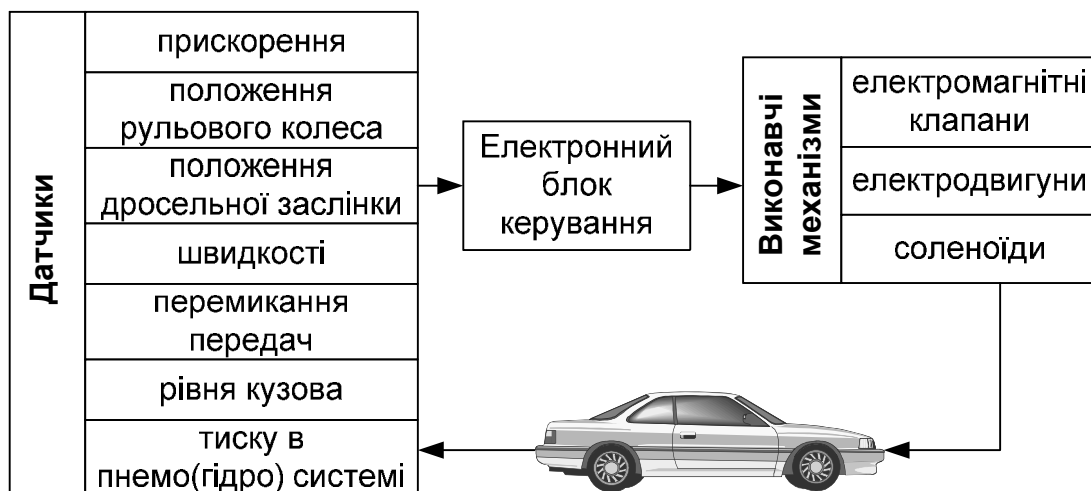


Рисунок 5.1 – Структурна схема електронного керування підвіскою

Такі показники роботи підвіски як жорсткість пружних елементів, інтенсивність демпфірування та зміна положення кузова по висоті взаємозалежні. Вирішити проблему розділення показників дозволяє гідропневматична система підвіски, в якій керування гідравлічними та

пневматичними елементами відбувається незалежно одне від одного. При цьому для роботи системи потрібна подача енергії для приводу гідронасоса біля 4 кВт. Керування датчиками, що фіксують стан окремих елементів системи підвіски, наприклад, положення коліс відносно кузова і виконавчими механізмами, наприклад, клапанами з електромагнітним керуванням, відбувається за допомогою бортової ЕОМ (мікропроцесора) відповідно до програми, а також з врахуванням команди водія.

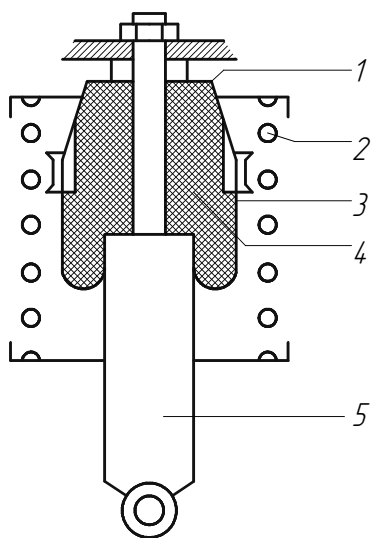
5.2 Керовані системи підвісок

Регулювання підвіски полягає в зміні її характеристик і параметрів при зміні ваги перевезеного вантажу чи дорожніх умов (системи вирівнювання навантаження). Воно здійснюється в пневматичних і гідропневматичних підвісках, де застосовують автоматичні регулятори положення кузова і регулятори жорсткості підвіски [5].

Системи, що частково навантажуються (рис. 5.2, 5.3)

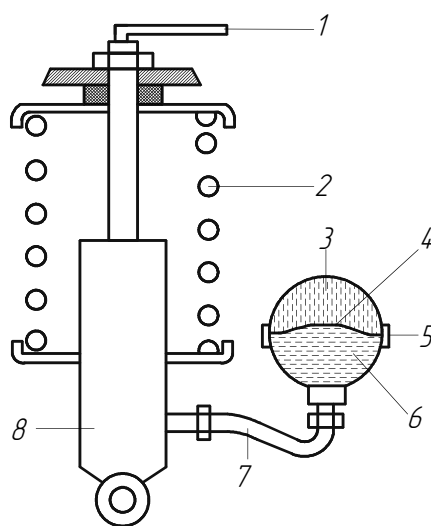
Використання нежорстких пружин приводить до збільшення стиску підвіски автомобіля під навантаженням. Для того, щоб зберегти висоту кузова автомобіля на прийнятному рівні, використовуються допоміжні пневматичні чи гідропневматичні пружини.

Система також може містити в собі електронні блоки керування вирівнювання навантаження, що діють на соленоїдні клапани.



1 - повітряний штуцер; 2 - сталева пружина; 3 - додаткова пневмопружина; 4 - газова камера; 5 - амортизатор

Рисунок 5.2 – Пневмопідвіска з вирівнюванням навантаження (частково навантажена система)



1 - подача рідини; 2 - сталева пружина; 3 - акумулятор; 4 - газова камера; 5 - гумова діафрагма; 6 - рідина; 7 - шланг; 8 - амортизатор

Рисунок 5.3 – Гідропневматична система вирівнювання навантаження (частково навантажена система)

Переваги електронного керування:

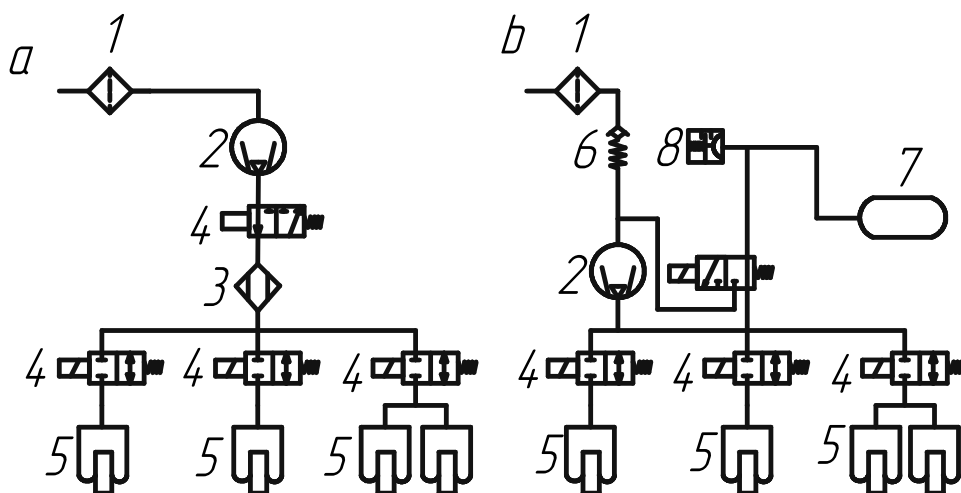
- зменшена витрата енергії через усунення проміжних циклів під час гальмування, прискорення і при русі на поворотах;
- реагування системи на збільшення швидкості руху автомобіля зменшенням висоти підвіски для економії палива;
- підвищення висоти підвіски під час руху на незадовільних дорожніх покриттях; підвищена стійкість руху на поворотах, що досягається шляхом поперечного блокування елементів підвіски на одній осі.

Додаткові переваги для вантажних автомобілів великої вантажопідйомності:

- зміна висоти підвіски для заміни кузовів і контейнерів;
- висота транспортного засобу може регулюватися, наприклад, для вирівнювання вантажонесучої поверхні з навантажувальною платформою;
- керування піднімальною віссю: піднімальна вісь автоматично опускається, коли перевищується максимальне навантаження на вісь; піднімальна вісь піднімається на короткий час (2...3 хвилини) з метою підвищення навантаження на ведучу вісь (збільшення стискального зусилля).

Цілком навантажені системи підвіски

Пружна дія забезпечується за допомогою газового елемента підвіски, у якій відсутні спіральні пружини (рис. 5.4). Керованими можуть бути одна чи обидві осі автомобіля.



а - розімкнута система; б - замкнута система; 1 - фільтр; 2 - компресор;
3 - осушувач; 4 - соленоїдний клапан; 5 - пневмоамортизатор; 6 - зворотний клапан;
7 - пневмобалон; 8 - датчик тиску

Рисунок 5.4 – Система вирівнювання навантаження (цілком навантажена система)

Якщо необхідно керувати всіма осями, система повинна містити електронний блок керування зі спеціальною програмою керування, що враховує такі фактори, як зміна навантаження на вісь, щоб запобігти нахилу автомобіля чи його перекидання, і в той же час розпізнавати системні помилки.

Розімкнута система

Переваги: порівняно прості конструкція і керування. *Недоліки:* висока вихідна потужність компресора, необхідна для коротких періодів часу активного керування; необхідність забезпечення осушення повітря; шум під час періодів всмоктування і випуску.

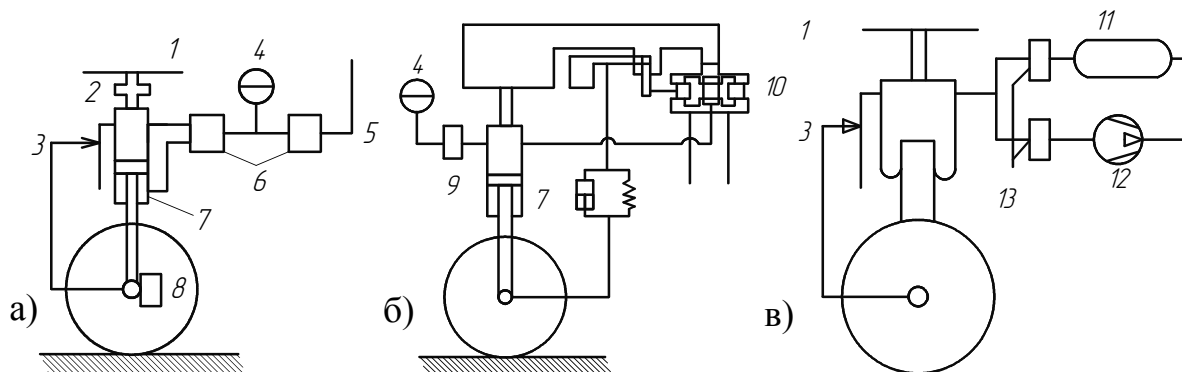
Замкнута система

Переваги: низька вихідна потужність компресора (мінімальний перепад тиску між акумулятором і елементом підвіски), відсутність осушувача. *Недоліки:* відносно складна конструкція.

Пневмоамортизатори по масі значно менші, ніж гідропневмоамортизатори.

Активна підвіска

В активній підвісці (рис. 5.5) контролюються параметри як пружності, так і демпфірування.



- а - гідравлічна підвіска; б - гідропневматична підвіска;
в - пневматична підвіска; 1 - кузов автомобіля; 2 - датчик колісного навантаження;
3 - датчик переміщення; 4 - акумулятор; 5 - лінія від насоса; 6 - сервоклапан;
7 - гідравлічний циліндр; 8 - датчик прискорення; 9 - демпфер; 10- розподільний клапан; 11 - ресивер; 12 - компресор; 13 - соленоїдний клапан

Рисунок 5.5 – Активна підвіска

Конструкції, що містять гідравлічний циліндр

За допомогою зовнішнього джерела генерується енергія для прискорених регулювань роботи гідравлічного циліндра, датчиками забезпечується зв'язок між циліндром і кузовом автомобіля. Датчики

колісного навантаження, переміщення і прискорення передають сигнали електронному блоку керування (ECU) у межах декількох мілісекунд.

Система керування дозволяє досягти постійного навантаження на колесо з підтримкою незмінної середньої висоти автомобіля. Сталеві пружини чи гідропневматичні елементи підвіски використовуються для підтримки статичного навантаження на колесо.

Конструкції гідропневматичних підвісок

Структурні коливання регулюються за допомогою розподілу потоків гідравлічної рідини в гідропневматичному контурі підвіски. З метою зменшення потреб в енергії дія системи обмежується згладжуванням нерегулярних низьких частот коливань; газовий акумулятор з'єднаний з гідроциліндром і гасить коливання більш високих частот.

Конструкції пневматичних підвісок

Рух кузова контролюється регулюванням подачі повітря до пневматичних амортизаторів. Замкнуті системи амортизаторів обмежуються керуванням низькочастотних коливань і коливань від рульового керування. Оскільки системою врівноважуються поперечні сили, вона допускає застосування пружин.

5.3 Електронне керування жорсткістю підвіски, амортизаторами та регулювання висоти кузова

Для швидкого погашення коливань в підвісці крім пружних елементів передбачені гідравлічні демпфери (амортизатори).

Демпфери коливань існують в різних виконаннях, але їх функції та основні принципи дії однакові. В автомобілебудуванні переважно використовуються гідромеханічні демпфери, виконані у вигляді телескопічного амортизатора, оскільки його встановлення завдяки невеликим розмірам, малому взаємному тертю рухомих деталей, точному демпфіруванню і простій конструкції є оптимальним.

Телескопічні амортизатори перетворюють коливання кузова і підвіски в тепло. Вони прикріплюються до кузова й осі за допомогою еластичних елементів для зменшення шуму.

Автоматичне керування амортизатором полягає в зміні опору перетіканню рідини в амортизаторах шляхом зміни діаметрів жиклерів або в'язкості рідини. Найбільш типовими функціями амортизатора є протидія осіданню автомобіля при різких прискореннях і перемиканням передач, «пірнанню» при різкому гальмуванні, крену при різких поворотах й ін.

Зміна розмірів пропускного отвору виконується частіше за допомогою електродвигуна або соленоїда, а в деяких випадках - електродвигуном соленоїда.

Звичайно передбачаються три режими регулювання опору амортизатора: малий, середній й великий. Для зміни опору амортизатора при поворотах автомобіля необхідно знати положення рульового колеса. Тому на валу рульового колеса встановлюється датчик, що реагує не тільки на кут повороту, але й на напрямок повороту.

Електронний блок керування (ЕБК) силою опору амортизаторів виконується на цифрових схемах (рис. 5.6). Всі вхідні сигнали є цифровими й надходять у мікроЕОМ через схеми вхідної обробки, що формують сигнали. Вихідні сигнали ЕБК подаються на виконавчі механізми керування режимами роботи амортизаторів і на індикатори, що показують рівень сили опору. Ці сигнали надходять через схеми вихідної обробки від мікроЕОМ.

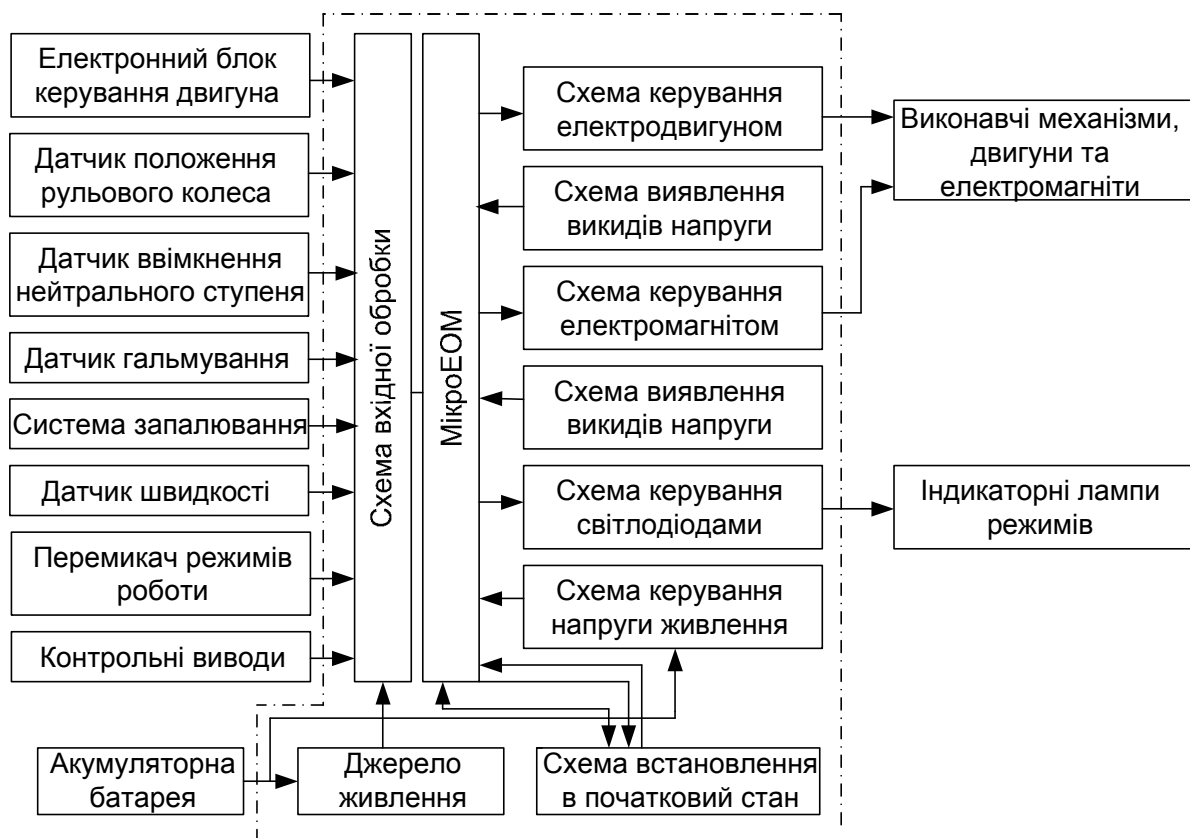


Рисунок 5.6 – Структурна схема ЕБК амортизатором

У схемах керування виконавчими механізмами передбачаються засоби забезпечення роботоздатності з появою помилок від викидів напруги й захист від перевантаження по струму.

Джерела живлення перетворюють напругу бортової мережі в напругу 5В, необхідну для роботи інтегральних схем.

На виконання основної програми витрачається 4 мс. За цей час ЕОМ обробляє вхідні сигнали від датчиків і подає вихідні на виконавчі механізми. Чим коротше час виконання основної програми, тим вища швидкодія ЕБК.

Такий принцип керування амортизатором використовується в активній гідропневматичній підвісці Hydractive [6].

При використанні пневматичних пружних елементів регулювання жорсткості амортизатора здійснюється за допомогою клапана PDC (pneumatic damping control clapper) - пневматичне регулювання демпфірування).

Клапан PDC (рис. 5.7) змінює гідравлічний опір між робочими камерами 1 і 2. Робоча камера 1 за допомогою отворів з'єднана з клапаном PDC. При низькому тиску в пневматичному пружному елементі (умови навантаження – споряджений автомобіль або з невеликим частковим навантаженням) клапан PDC має малий гідравлічний опір, завдяки чому частина мастила спрямовується в обхід відповідного клапана демпфірування. Тим самим зменшується зусилля демпфірування. Гідравлічний опір клапана PDC знаходиться в певній залежності від тиску в пневматичному пружному елементі.

Зусилля демпфірування залежить від гідравлічного опору відповідного клапана демпфірування (стиснення/відбій), а також клапана PDC.

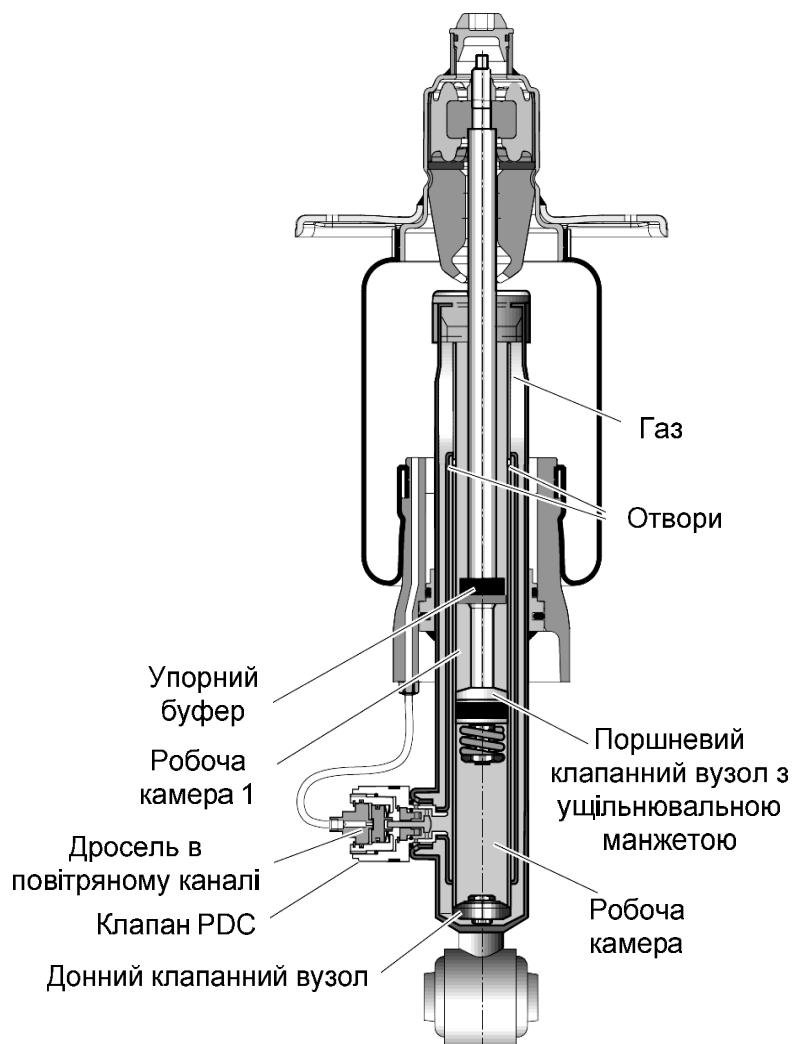


Рисунок 5.7 – Будова клапана PDC

Керування висотою кузова забезпечується звичайно за допомогою пневматичних пружних елементів, установлюваних на всіх чотирьох (рис. 5.8) або тільки двох задніх колесах.

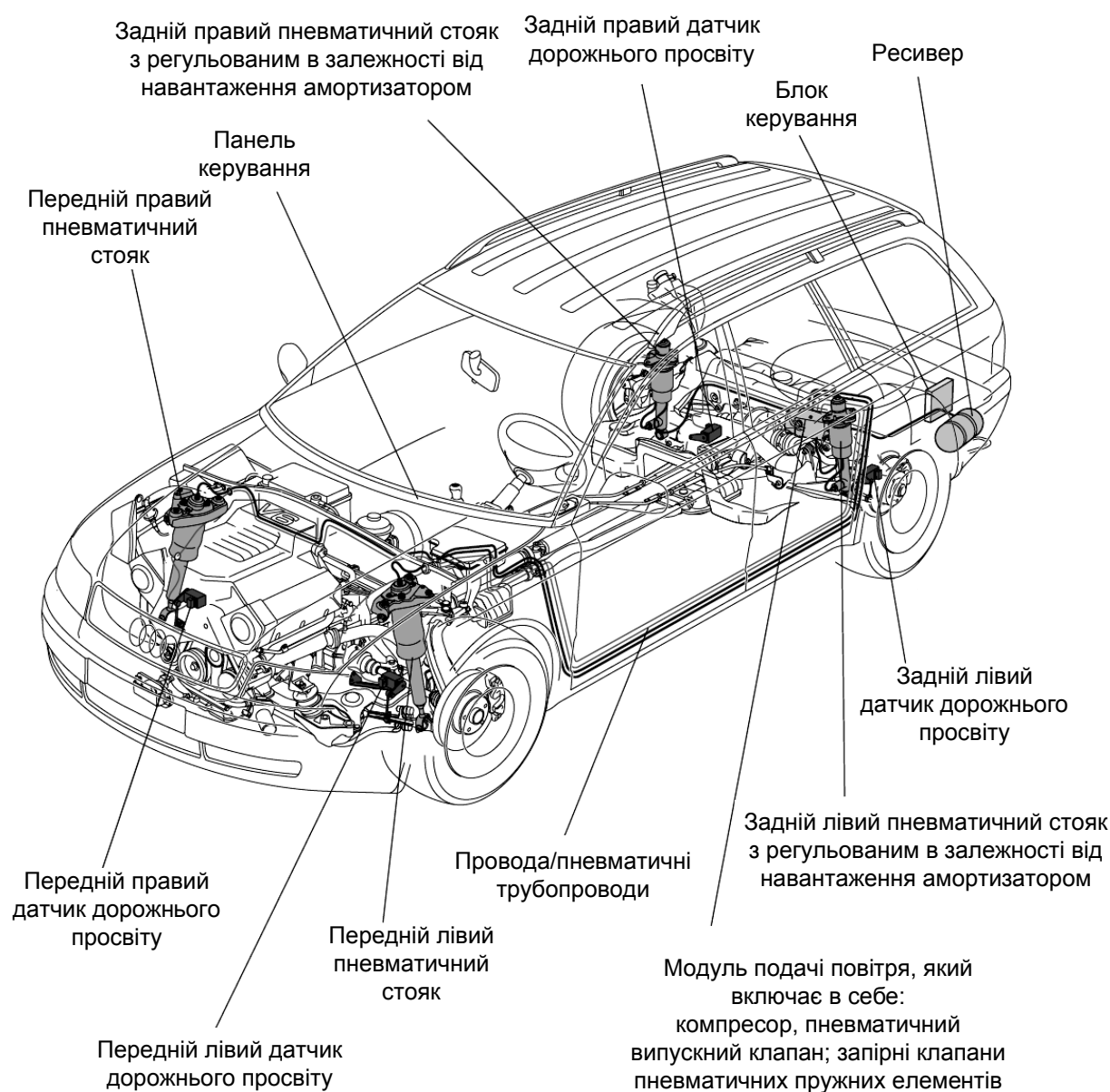


Рисунок 5.8 – Складові пневмопідвіски з електронним регулюванням

Подана на рис. 5.8 пневмопідвіска є повністю несучою підвіскою з регулюванням рівня, звичайними амортизаторами на передній осі та регульованими в залежності від навантаження амортизаторами задньої осі. Дорожній просвіт в області кожного колеса автомобіля визначається за допомогою 4-х датчиків регулювання дорожнього просвіта. Пневматичний пружний елемент кожного стояка має власний запірний клапан, таким чином, підвіска кожного колеса регулюється індивідуально.

Система дозволяє встановлювати 4-ри фіксованих рівні дорожнього просвіту автомобіля в діапазоні 142-208 мм. Їх встановлення може здійснюватись автоматично або вручну. Крім того, в пневмопідвісці використовується ресивер, застосування якого підвищує готовність системи до роботи, зменшує шум і знижує затрати на електроживлення.

Регулювання висоти кузова автомобіля здійснює ЕБК, структурна схема якого подана на рис. 5.9. Сигнал від датчиків висоти надходить в ЕБК. Якщо поточна висота відрізняється від номінальної, ЕБК регулює тиск у пружних елементах, включаючи електродвигун компресора (для збільшення тиску) або соленоїд випускного клапана (для зменшення тиску). У такий спосіб забезпечується постійна незалежна від навантаження на підвіску висота кузова.

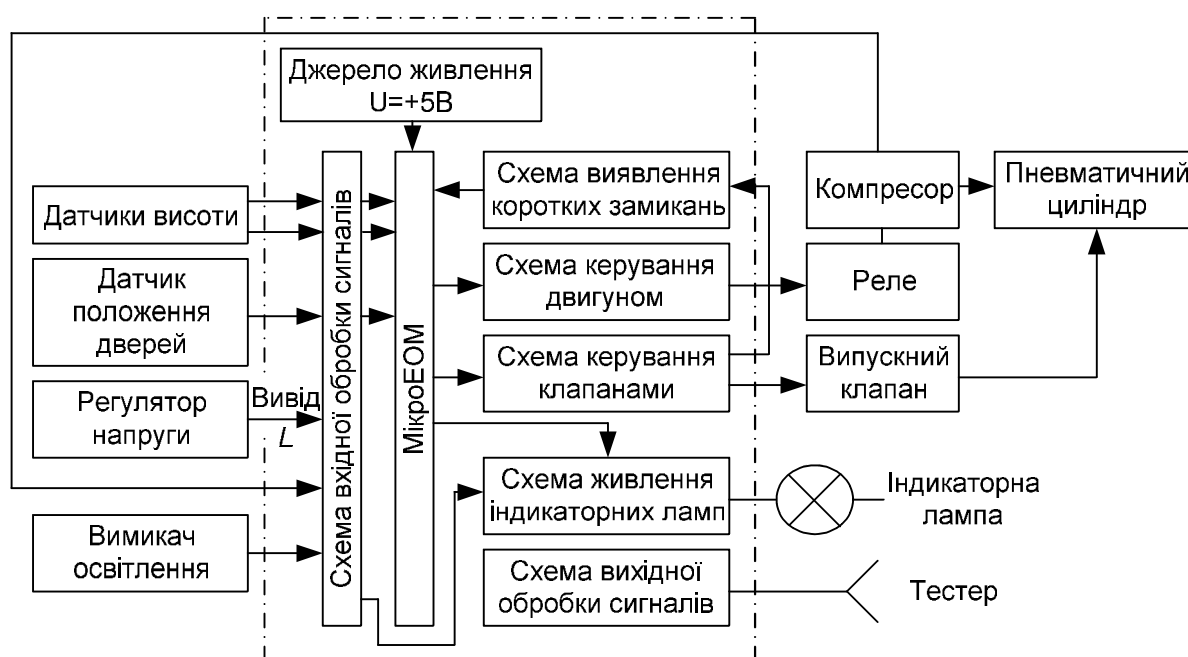


Рисунок 5.9 – Структурна схема ЕБК висоти кузова

Як датчик висоти можуть використатися фотоеlementи, геркони або інші перетворювачі неелектричного показника (шляху) в електричний. Для цих цілей доцільно використовувати такі датчики, які б виробляли П – подібні імпульси, а не аналогові сигнали (наприклад, резистори), тому що в останньому випадку їх все одно необхідно перетворювати в цифрові.

Якби кузов просто опускався або піднімався, то сигнал датчика, що надходить в ЕБК, був би просто перетворений у керуючий імпульс. Але під час руху автомобіля кузов коливається, тобто то опускається, то піднімається. У зв'язку із цим сигнал датчика вводиться в ЕБК через кожні декілька мілісекунд. Електронний блок підраховує число тих або інших станів висоти і за частотою стану (їх процентним співвідношенням) робить висновок про поточне значення висоти. Залежно від положення дверей (закриті або відкриті) ЕБК визначає – відбувається посадка або рух. При посадці висота визначається

протягом короткого інтервалу часу (2,5 с), а при русі - за більш тривалий час (20 с). Наприклад, якщо під час руху сигнал висоти протягом 20 с перебуває в області «дуже високе положення кузова» в 80% випадків і більше, то приводиться в дію випускний клапан. Якщо ж протягом 20 с сигнал висоти виявляється в області «дуже низьке» або «низьке положення кузова» більш ніж в 10% випадків, то зниження припиняється. Підйом й опускання при посадці забезпечуються аналогічно.

Керування жорсткістю підвіски необхідне для підвищення безпеки та комфортабельності автомобіля і може бути забезпечене на пневматичних або гідропневматичних підвісках.

На легкових автомобілях як пружні елементи використовуються пневмобалони рукавного типу (рис. 5.10, 5.11). При малих габаритах така конструкція забезпечує велику деформацію пружного елемента.

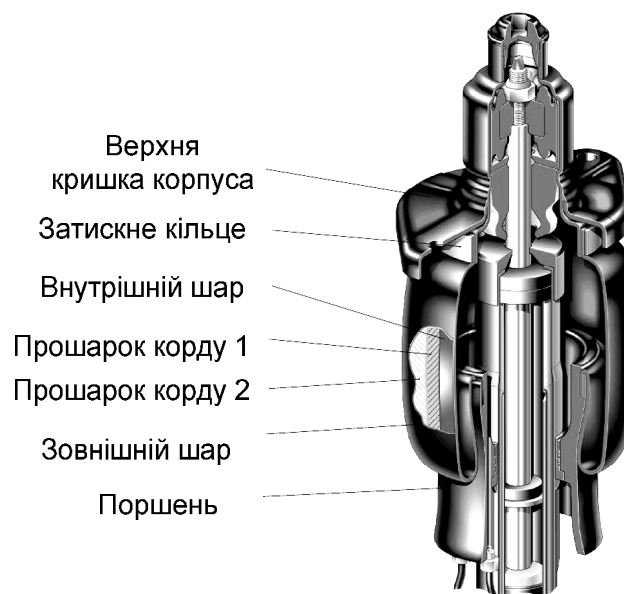


Рисунок 5.10 – Схема пневматичного пружного елемента, виконаного співвісно з амортизатором

Як видно з рис. 5.10, пневматичний пружний елемент складається з верхньої кришки корпусу, гумокордного рукавного елемента, поршня (нижньої кришки корпусу) та затискного кільця. Зовнішній та внутрішній шар виготовляють з високоякісного еластомера. Матеріал стійкий до будь-яких атмосферних впливів і є мастилостійким. Внутрішній шар повітронепроникний. Каркас сприймає зусилля, які виникають завдяки внутрішньому тиску в пневмобалоні.

Пневмобалони не повинні стискатись або розтискатись, коли в них немає тиску, оскільки при цьому манжета не може правильно розкочуватись по поршню (можливі її пошкодження). На автомобілі з пневмобалонами, в яких відсутній тиск, перед тим, як піднімати чи опускати його (наприклад, за допомогою підйомника чи домкратів),

необхідно створити тиск в пневмобалонах з використанням діагностичного тестера.

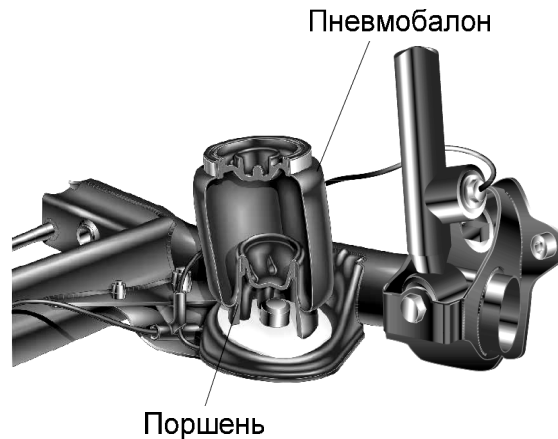


Рисунок 5.11 – Схема рознесеного розташування пневмобалона і амортизатора

Чим менша жорсткість підвіски, тим менші коливання кузова й тим вища комфортабельність автомобіля. Жорсткість пневматичної або гідропневматичної підвіски можна зробити досить малою, однак це чревате появою поздовжніх коливань. Із цієї причини керування жорсткістю підвіски в більшості випадків комбінують із керуванням висотою кузова та силою опору амортизаторів. Структурна схема керування жорсткістю підвіски автомобіля подана на рис. 5.12.

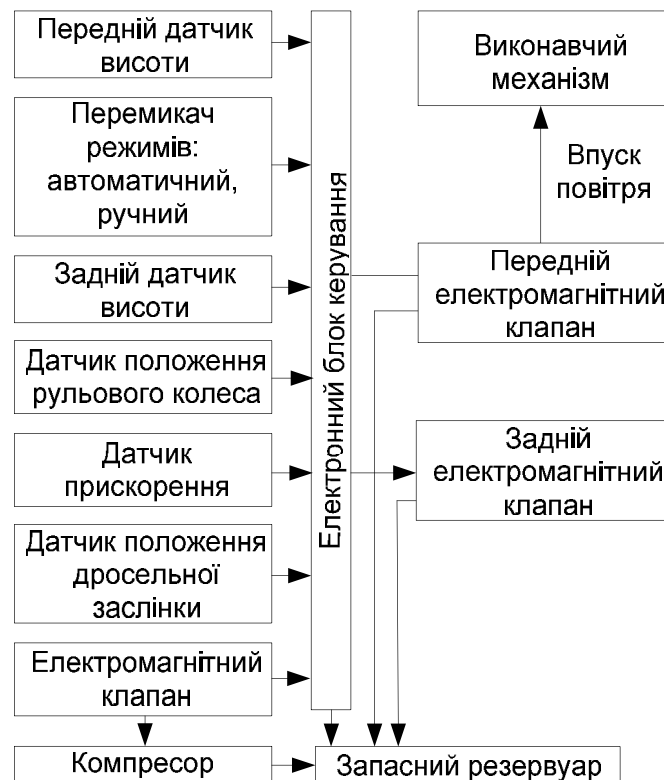


Рисунок 5.12 – Структурна схема керування жорсткістю підвіски автомобіля Toyota

6 КЕРУВАННЯ ГАЛЬМОВИМИ СИСТЕМАМИ

6.1 Призначення електронного керування гальмами, види використовуваної енергії та способи її передачі

Гальма призначені для ефективного сповільнення автомобіля аж до зупинки і для утримання його в нерухомому стані. Електронні системи, які забезпечують керування гальмами з метою підвищення ефективності їх роботи, за функціональним призначенням, можуть бути класифікованими на антиблокувальні, регулювання гальмових сил та повністю електронні.

В залежності від виду енергії, що використовується для керування гальмовими системами (рис. 6.1), останні поділяються на мускульні, енергопостачальні, безмускульні та інерційні.

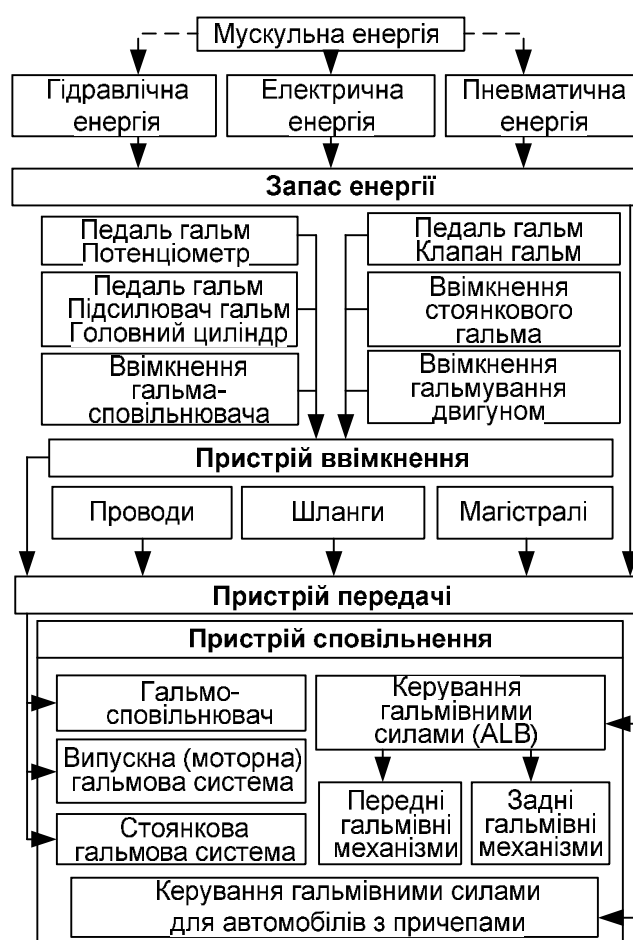


Рисунок 6.1 – Схема гальмової системи (вантажний автомобіль-тягач)

Різнотипні гальмівні системи можуть встановлюватись у різних сполученнях. В енергопостачальних гальмівних системах в деякій мірі використовують силу натиснення на педаль. Енергопостачальні та безмускульні системи розрізняються не тільки за видом енергії, а і за фізичним середовищем, яке використовується для передачі енергії. Найчастіше використовують пневматичний і гідравлічний види енергії, в перспективі знайде широке застосування електричний.

6.2 Антиблокувальні системи

Антиблокувальні системи автомобілів являють собою системи, оснащені пристроями керування зі зворотним зв'язком, що запобігають блокуванню коліс під час гальмування і зберігають керованість і курсову стійкість автомобіля. Основними компонентами АБС є: гідромодулятор; датчики швидкості обертання коліс; електронний блок керування.

При розробці системи АБС беруть до уваги:

- варіанти зчеплення між шиною і дорогою;
- нерівності дорожнього покриття, що викликають коливання коліс і осей;
- гальмівний гістерезис;
- зміни тиску в головному гальмовому циліндрі при впливі водія на педаль гальма;
- зміни радіуса колеса (при встановленні запасного колеса).

Критерії якості керування:

- підтримка курсової стійкості під час керування автомобілем шляхом забезпечення достатньої величини поперечної сили зчеплення на задніх колесах;
- підтримка керованості автомобіля шляхом забезпечення достатньої поперечної сили зчеплення на передніх колесах;
- зменшення гальмівного шляху в порівнянні з гальмуванням із заблокованими колісами;
- швидка зміна гальмівних моментів для різних коефіцієнтів зчеплення, наприклад, коли автомобіль рухається через невеликі ділянки льоду на дорожнім покритті;
- контроль низьких амплітуд зміни гальмівного моменту з метою попередження вібрацій у зубчастих передачах;
- високий рівень комфорту руху в результаті незначного впливу зворотного зв'язку на педаль гальма і застосування безшумних виконавчих механізмів.

Незалежно від конструкції АБС має складатися з таких елементів:

- датчики, функцією яких є видача інформації, в залежності від прийнятої системи регулювання, про кутову швидкість колеса, тиск робочого тіла гальмівному приводі, сповільнення автомобіля та ін.;
- блок керування, зазвичай електронний, куди поступає інформація від датчиків, який після логічної обробки отриманої інформації дає команду виконуючим механізмам;
- виконуючі механізми, (модулятори тиску), які в залежності від отриманої з блока керування команди, знижують, підвищують чи підтримують на постійному рівні тиск в гальмівному приводі коліс.

Процес регулювання гальмування колеса за допомогою ABS — циклічний. Пов'язано це з інерційністю самого колеса, приводу, а також елементів ABS. Якість регулювання оцінюється за тим, наскільки АБС забезпечує проковзування загальмованого колеса в заданих межах. При

великому діапазоні циклічних коливань тиску порушується комфортабельність при гальмуванні (“смикання”), а елементи автомобіля сприймають додаткові навантаження. Якість роботи АБС залежить від прийнятого принципу регулювання (“алгоритму функціонування”), а також від швидкодії системи в цілому. Швидкодія визначає циклічну частоту зміни гальмівного моменту. Важливою властивістю АБС повинна бути здатність пристосовуватися до зміни умов гальмування (адаптивність) і до зміни коефіцієнта зчеплення в процесі гальмування.

Розроблено велику кількість принципів, згідно з якими працюють АБС (алгоритмів функціонування). Вони відрізняються за складністю, вартістю реалізацією і за ступенем задоволення поставлених вимог.

Розглянемо процес роботи АБС з алгоритмом функціонування за сповільненням загальмованого колеса.

Рівняння руху загальмованого колеса має вигляд:

$$J_k \varepsilon_{зк} = M_z - M_\varphi, \quad (6.1)$$

де J_k – момент інерції колеса;

$\varepsilon_{зк}$ – кутове сповільнення колеса;

M_z – момент, що створюється гальмівним механізмом;

M_φ – момент, можливий при зчепленні колеса з опорною поверхнею.

Використовуючи рівняння (6.1), можна побудувати графік процесу роботи АБС за сповільненням (рис. 6.2). На рисунку нанесено такі залежності: залежність моменту на загальмованому колесі, що реалізується за зчепленням від відносного проковзування $M_\varphi = f(s)$; залежність моменту, що створюється гальмівним механізмом на загальмованому колесі, від відносного проковзування в процесі автоматичного регулювання $M_z = f(s)$.

Натискання на педаль гальма викликає зростання гальмівного моменту (ділянка 0 – 1 – 2). На всій ділянці, що викликає сповільнення колеса зі збільшенням відносного проковзування. Особливо швидко сповільнення зростає на ділянці 1 – 2, де різниця $M_z - M_\varphi$ раптово зростає в результаті зниження M_φ , а сповільнення прямо пропорційно цій різниці

$$\varepsilon_{зк} = (M_z - M_\varphi) / J_k, \quad (6.2)$$

Різке зростання сповільнення свідчить про те, що відносне проковзування стало дещо більшим $s_{кр}$. Це стає підставою для подачі блоком керування в точці 2 команди модулятору на зниження тиску в гальмівному приводі. Точка 2 відповідає першій команді (“вставка”). За поданою командою гальмівний момент M_z знижується і в точці 3 стає рівним моменту за зчепленням: $M_z = M_\varphi$, а сповільнення $\varepsilon_{зк} = 0$. Нульове

значення сповільнення служить другою “вставкою”, за якою блок керування дає команду модулятору на підтримання в гальмівному приводі постійного тиску, а, отже, сталою гальмівного моменту M_z . В даній фазі $M_\phi > M_z$ і $\varepsilon_{зк} = (M_\phi - M_z)/J_k$, тобто $\varepsilon_{зк}$ змінює знак і колесо починає прискорюватись. Максимальне значення прискорення відповідає максимальній різниці $M_\phi - M_z$, що має місце в точці 4, яка є третьою “вставкою”. В точці 4 блок керування дає команду модулятору на збільшення тиску в гальмівному приводі, і описаний цикл повторюється, дозволяючи підтримувати відносно проковзування в інтервалі, що забезпечує високі значення поздовжнього і поперечного коефіцієнтів зчеплення.

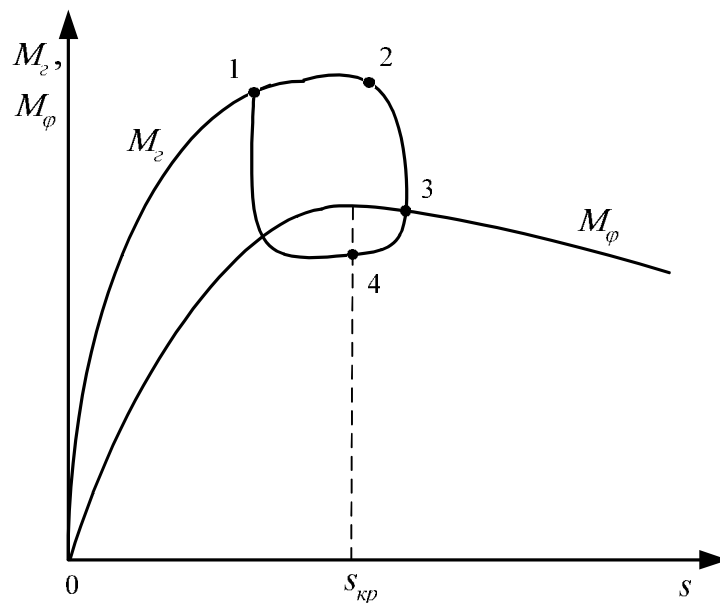


Рисунок 6.2 – Графік процесу роботи АБС за сповільненням

Процес роботи АБС може реалізовуватися за дво- чи трифазними циклами. При двофазовому циклі: перша фаза зростання тиску; друга фаза – скидання тиску. При трифазовому циклі: перша фаза – зростання тиску; друга – зниження тиску; третя фаза – підтримання тиску на постійному рівні.

Розглянемо деякі варіанти систем АБС (табл. 6.1), що є найбільш поширеними [5].

Чотириканальна система (варіанти 1, 2). Допускає окремий контроль тиску в двоконтурних системах зі з’єднанням по мостах (схема ||) та з діагональним з’єднанням (схема ×). При гальмуванні на дорожньому покритті з різними коефіцієнтами зчеплення зліва і справа („мікст”) повинні застосовуватися заходи для забезпечення відсутності моменту відносно вертикальної осі, який може призвести до втрати курсової стійкості автомобіля.

Триканальна система (варіант 3). Момент розвороту під час гальмування на дорожніх покриттях типу „мікст” зменшений так, що легкові автомобілі з довгою базою і великим моментом інерції відносно вертикальної осі не втрачають курсової стійкості і керованості.

Двоканальні системи (варіанти 4, 5, 6). Ці системи, з одного боку, мають менше число компонентів, ніж триканальні і чотириканальні, що робить їх менш дорогими. З іншої сторони виникає деяка кількість функціональних обмежень. У варіанті 4 при високопороговому регулюванні переднє колесо з більш високим коефіцієнтом зчеплення визначає тиск, що підводиться до обох передніх коліс. У даному випадку при екстреному гальмуванні виникає блокування одного з передніх коліс. Це супроводжується збільшенням зносу шин і погіршенням керуваності. При використанні варіанта 5, таке трапляється, коли колесо передньої осі, яке контролюється, має більш високий коефіцієнт зчеплення, ніж на неконтрольованому. У варіанті 6 тиск, що підводиться до передніх коліс, регулюється окремо, а на кожному задньому колесі – спільно, відповідно до передніх. Через необхідність створення перерозподілу гальмівної сили з заднього моста на передній, з метою запобігання блокуванню задніх коліс, дана система забезпечує більш низькі рівні сповільнення, ніж три- чи чотириканальні.

Таблиця 6.1 – Варіанти систем АБС

Чотириканальна з 4 датчиками		Триканальна з 3 датчиками	Двоканальна		
спереду-ззаду	по діагоналі		з 3 датчиками	з 2 датчиками	
варіант 1	варіант 2	варіант 3	варіант 4	варіант 5	варіант 6

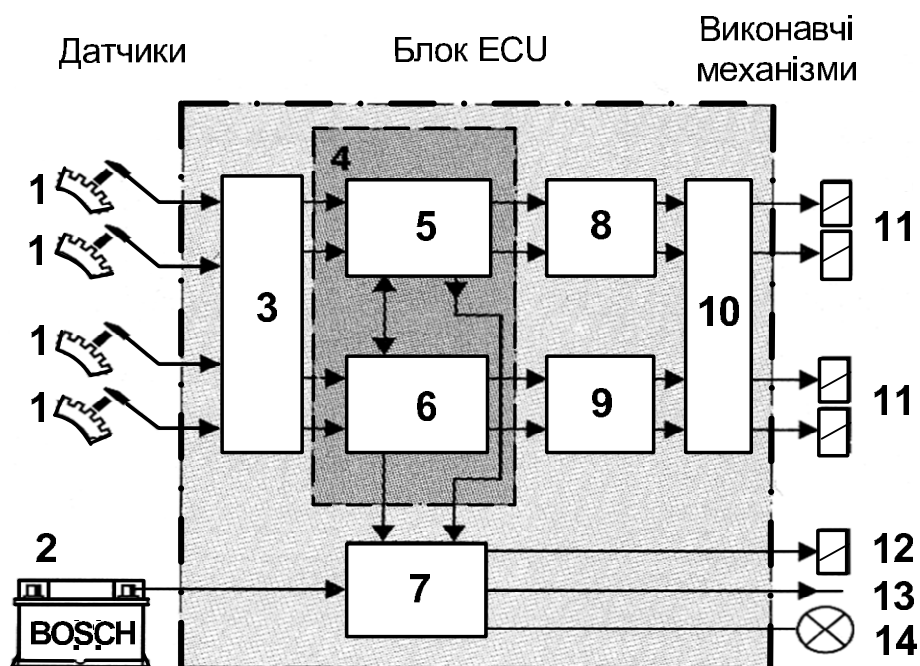
- – датчик;
 ▷ – датчик, альтернативний відносно датчика диференціала;
 ◻ – канал керування

Основні складові частини електронного блока керування ABS фірми Bosch (рис. 6.3):

Індуктивний колісний датчик швидкості обертання забезпечує електронний блок керування (ЕБК, ECU) необхідною інформацією про швидкість обертання колеса.

Блок керування з великою інтегральною схемою (ECU з LSI). Блок ЕБК приймає, фільтрує і підсилює сигнали від датчика швидкості

обертання колеса перед їх використанням для визначення проковзування і прискорення колеса.



1 – датчики швидкості обертання коліс; 2 – акумуляторна батарея; 3 – вхідний блок; 4 – цифровий контролер; 5 – LSI 1; 6 – LSI 2; 7 – стабілізатор напруги; 8 – вихідний блок 1; 9 – вихідний блок 2; 10 – вихідний каскад; 11 – соленоїдні клапани; 12 – реле захисту; 13 – стабілізована напруга акумуляторної батареї; 14 – сигнальна лампа

Рисунок 6.3 – Схема електронного блоку керування АБС фірми Bosch

Вхідний блок. Складається з фільтра низьких частот і вхідного підсилювача.

Цифровий контролер. Складається з двох ідентичних взаємно незалежних цифрових інтегральних схем LSI. Ці блоки працюють паралельно, обпрацьовуючи інформацію, що поступає від двох коліс (канали 1+2 і 3+4), проводять логічні розрахунки. Логіка контролера перетворює сигнали керування в позиційні команди для соленоїдних клапанів. Послідовний інтерфейс, під'єднаний до вхідного каскаду логічного пристрою і логіки контролера за допомогою каналу передачі даних, підтримує зв'язок і передачу даних між двома цифровими LSI.

Ще один функціональний блок містить схему керування для забезпечення розпізнавання помилок та їх аналізу. Як тільки в ECU з'являється несправність, сигнальна лампочка інформує водія про те, система АБС не функціонує. Однак гальмова система зберігає повну роботоздатність навіть тоді, коли система ABS вимкнена.

Вихідні блоки. Два вихідних блоки функціонують подібно регуляторам струму для каналів 1+2 і 3+4 під час отримання позиційних команд від LSI, що використовуються для керування соленоїдами.

Вихідний каскад. Використовує дані від регуляторів струму двох вихідних блоків для збудження струму соленоїдних клапанів.

Стабілізатор напруги. В функцію цього блока входить стабілізація напруги в межах допуску, необхідного для надійної роботи ЕБК. Блок також реагує на недостатню бортову напругу за допомогою відключення пристрою, керує роботою реле і ланцюгом сигнальної лампи.

Блок керування з мікропроцесорами. В цьому блоці ЕБК замість LSI використовуються два мікропроцесори, які здійснюють обробку сигналів, запуск програми контролера і функцію автокерування АБС. Блок також виконує діагностування відповідно до стандартів ISO, що дає можливість відслідковувати несправні компоненти АБС за допомогою сигнальної лампи чи вимірювального пристрою.

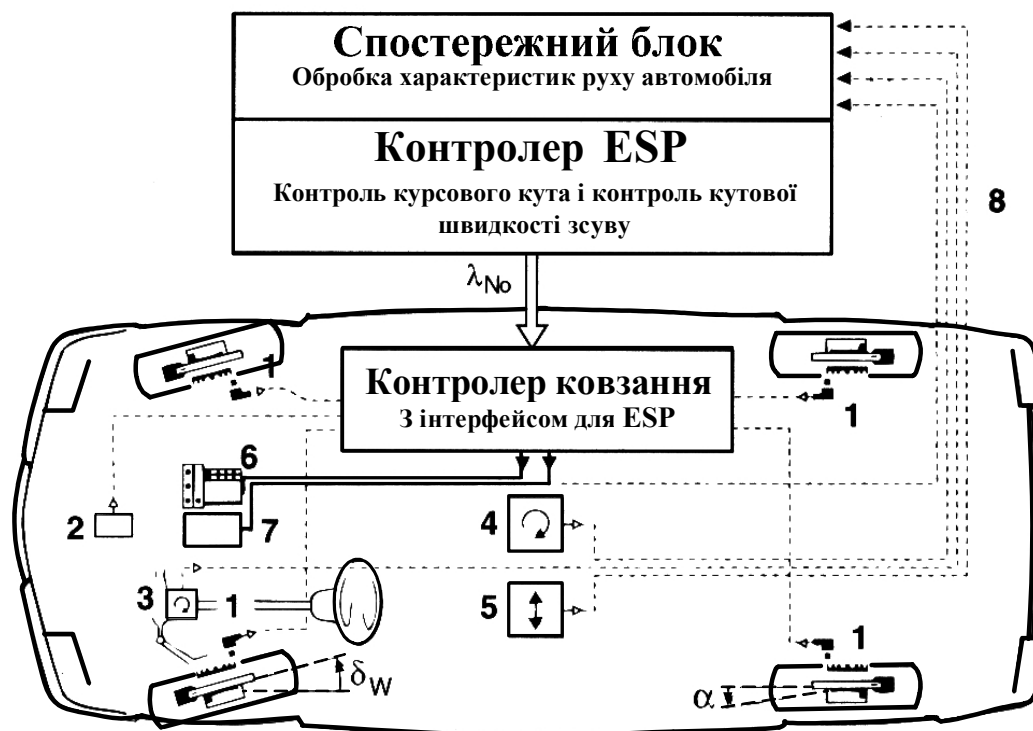
В наш час розвиток АБС йде по двох діаметрально протилежних напрямках. Для автомобілів високого класу створюються найбільш ефективні інтегровані чотириканальні АБС, а для масових дешевих моделей ведеться розробка спрощених варіантів, що вбудовуються в серійні гальмові системи як додаткове устаткування. АБС перевернула уявлення про рівень безпеки руху. Сьогодні ця система входить у список додаткового устаткування практично кожної нової моделі. В усіх розвинутих країнах більшість автомобілістів переконані: заощаджувати на ABS не можна. Не за горами й обов'язкове застосування ABS. На сьогоднішній день міжнародні і національні вимоги (зокрема, Директива 71/320 ЄЕС і додаток 13 до Правил 13 ЄЕК ООН) передбачають обов'язкову наявність АБС тільки на вантажних автомобілях загальною масою більш 16 т, причепах і напівпричепах повною масою більш 10 т і міжнародних автобусах повною масою понад 12 т, оскільки наслідки аварій цих транспортних засобів можуть бути найтрагічнішими.

6.3 Системи регулювання гальмівних зусиль

Система регулювання гальмівних зусиль (electronic stability program (ESP) - вона ж VDC, VSC, DSC, ATTS, VSA) - найбільш складний пристрій, який керує роботою антиблокувальної та антипробуксовної систем, контролює тягу і керує дросельною заслінкою (рис. 6.4, табл. 6.2). Блок електронного керування використовує інформацію від датчиків, які відслідковують роботу двигуна і трансмісії, швидкість обертання кожного колеса, тиск в гальмовій системі, кут повороту руля, поперечне прискорення. Ситуація оцінюється, обчислюється зусилля гальмування для кожного колеса, виконавчі механізми отримують команду. Процесор ESP пов'язаний з блоком електронного керування двигуном, що дозволяє коректувати потужність та оберти колінчатого вала.

За підсумками нових досліджень, проведених Університетом Айови при активній участі Національної адміністрації безпеки руху США (NHTSA), виявилось, що наявність системи курсової стійкості ESP в автомобілі значно знижує імовірність виникнення серйозної аварії. В рамках цих досліджень звичайним водіям пропонувалось пройти

випробування на спеціальному автомобільному симуляторі National Advanced Driving Simulator (NADS), який імітував виникнення аварійної ситуації на дорозі при керуванні автомобілем із системою ESP та без неї.



1 - датчик швидкості обертів коліс; 2 - датчик тиску в гальмовій системі; 3 - датчик положення рульового колеса; 4 - датчик кутової швидкості відносно вертикальної осі; 5 - датчик поперечного прискорення; 6 - модулятор тиску; 7 - органи керування роботою двигуна; 8 - сигнали датчиків для ESP; α - кут ковзання шини; δ_w - кут повороту переднього колеса; λ_{N_0} - номінальне проковзування шини

Рисунок 6.4 – Електронна система керування гальмами ESP

Таблиця 6.2 – Системи регулювання стійкості автомобіля

Назва	Призначення
ESP = Electronic Stability Program (Mercedes, Audi)	На будь-якій швидкості і при будь-якому дорожньому покритті запобігають заносу
VDC = Vehicle Dynamics Control (Subaru)	автомобіля завдяки цілеспрямованому
DSC = Dynamic Stability Control (BMW)	пригальмовуванні коліс і завдяки
VSC = Vehicle Stability Control (Toyota)	втручанню в систему керування
VSA = Vehicle Stability Assist (Honda)	двигуном.
StabiliTrack; = Stability Traction (GM)	Тільки для передньопривідних
ATTS = Activ Torque Transfer System (Honda)	автомобілів. Додаткова роздавальна коробка з багатодисковою муфтою передає на зовнішнє колесо при повороті більший привідний момент, запобігаючи в такий спосіб ефекту недостатньої поворотності, поліпшуючи стійкість автомобіля.

В результаті виявилось, що кількість водіїв, які зуміли зберегти контроль над автомобілем з ESP та уникнути аварії, була на 34 відсотка більшою, ніж водіїв, які уникнули аварії на автомобілі без системи курсової стійкості. Крім того, інший тест показав, що наявність системи ESP на 88 відсотків знижує імовірність виникнення ситуації, коли водій втрачає контроль над автомобілем.

Таким чином, система курсової стійкості (ESP) за допомогою спеціальних датчиків визначає ситуацію, в якій водій близький до того, щоб втратити контроль над автомобілем, і попереджує її виникнення, пригальмовуючи те чи інше колесо. Наявність подібної системи дозволяє уникнути заносу в повороті чи при об'їзді раптової перешкоди, а також допомагає водіям при їзді на слизьких покриттях. Варто також відмітити, що в даний час лише біля 10 % усіх нових автомобілів оснащується системою курсової стійкості. Проте до багатьох моделей ця система пропонується як додаткове обладнання.

6.4 Повністю електронні системи

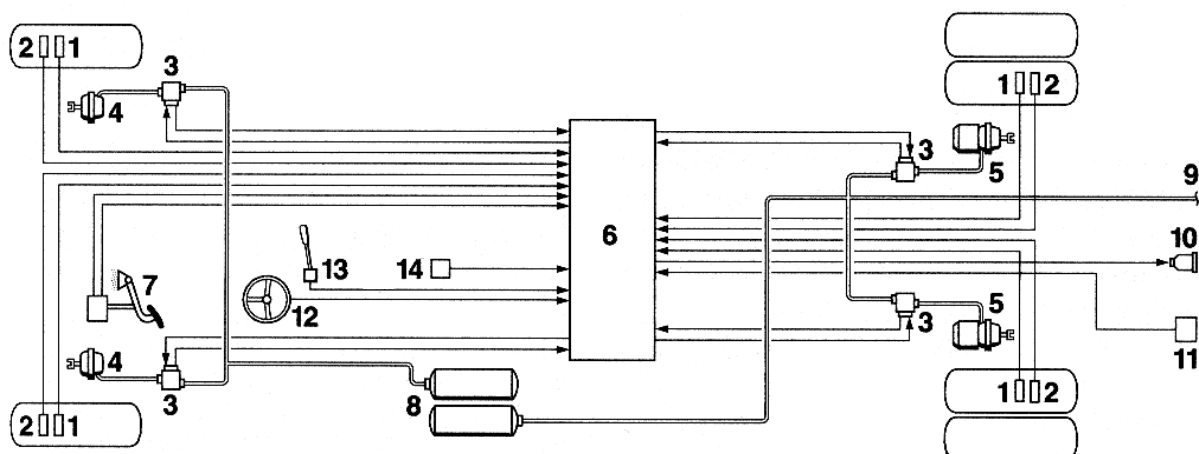
На відміну від АБС системи контролю тягового зусилля (TCS) і ESP повністю електронні системи (електропневматичні чи електрогідравлічні гальма) можуть створювати тиск в колісних циліндрах незалежно від дій водія.

В цих системах електронний важіль гальма не створює тиск в приводі, а лише діє на датчики, які передають сигнал електронному блоку керування. В свою чергу ЕБК направляє цей сигнал на колісні модулятори. Модулятори регулюють гальмове зусилля на кожному колесі окремо, причому конструкція виконавчих механізмів аналогічна гальмівним пристроям АБС. Необхідний робочий тиск створюється модулятором тиску. З метою підвищення безпеки при будь-яких несправностях в системі гальмівний тиск може бути створений, як звичайно, в гальмівному контурі з головним гальмівним циліндром. В автомобіль, оснащений таким обладнанням, можуть бути вбудовані крім АБС, TCS і ESP, ще й системи адаптивного круїз-контролю та автоматичного паркування.

Електронна пневматична система зображена на рис. 6.5. Підвищення швидкодії в системі досягається заміною пневматично керуючого сигналу на електронний. У результаті вона спрацьовує негайно при натисканні на гальмову педаль, на якій установлені датчики, що передають сигнали в блок керування. Після миттєвої обробки сигналів ЕОМ передає відповідні команди електропневматичним клапанам, розташованим рядом з кожним гальмовим циліндром. Останні в цьому випадку спрацьовують набагато швидше, ніж у звичайній пневмосистемі.

Коли водій відпускає педаль, за командою ЕОМ миттєво спрацьовують колісні датчики розгальмовування, прискорюючи повернення гальмових колодок у вихідне положення. Це усуває нерівномірність спрацьовування й небезпеку заносу при гальмуванні.

Про роботоздатність і справність системи водієві повідомляють показники на панелі приладів. Є також пристрій для самодіагностування.



1 – датчик швидкості обертання коліс; 2 – датчик зносу фрикційних накладок; 3 – клапан керування; 4 – гальмівний циліндр переднього колеса; 5 – гальмівний циліндр заднього колеса; 6 – електронний блок керування; 7 – педаль гальма; 8 – ресивер; 9 – пневмомагістраль живлення причепа; 10 – орган керування гальмовою системою причепа; 11 – датчик зусилля на зчпному пристрої; 12 – датчик положення рульового колеса; 13 – контрольний датчик сповільнювача і системи гальмування двигуном; 14 – датчик повороту навколо вертикальної осі / поперечного прискорення

Рисунок 6.5 – Електропневматична гальмова система двовісного тягача

Система електрогідравлічних гальм (electro hydraulic brake (EHB) system) (рис. 6.6) складається з блока виконавчих механізмів, гідравлічного модулятора тиску, датчиків, електронного блока і каналів керування.

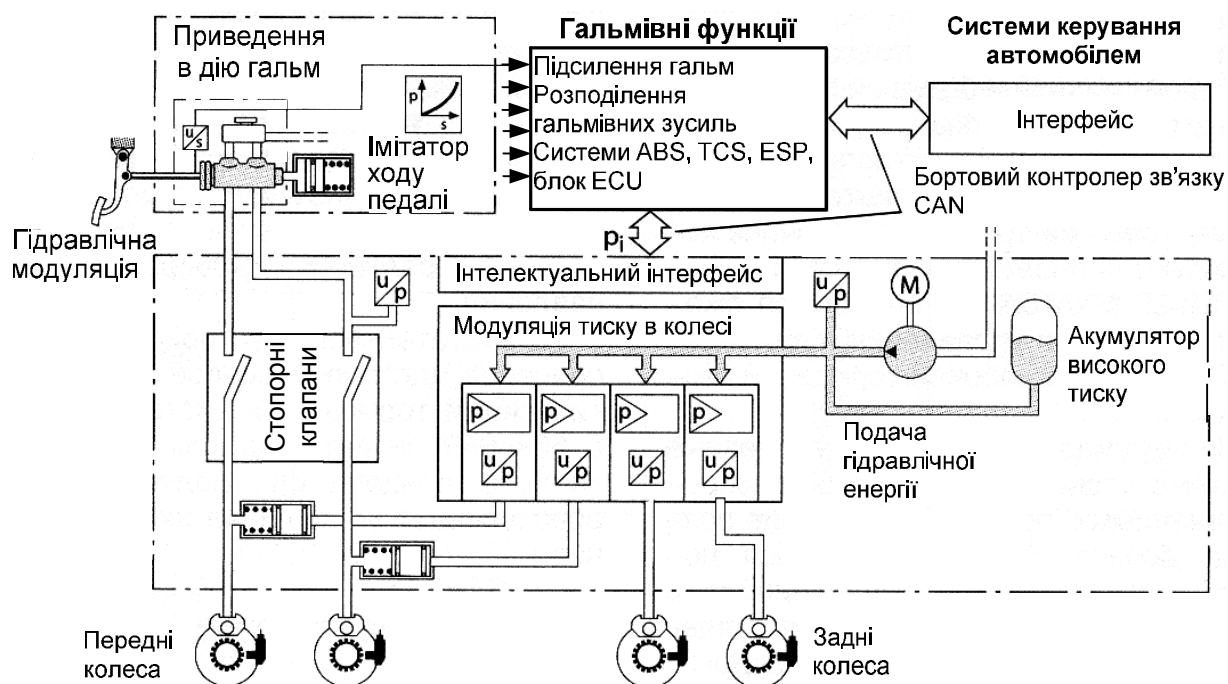


Рисунок 6.6 – Електрогідравлічна гальмова система

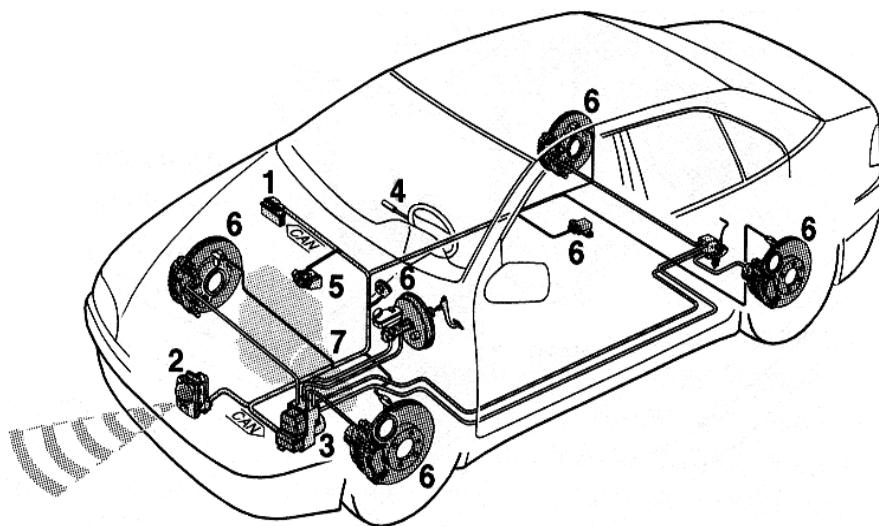
Для забезпечення безпеки в системі використовується два окремих датчики (один – на виконавчому механізмі для визначення ходу педалі та інший – датчик тиску в гідравлічному модуляторі) для визначення «запиту на гальмування» і передачі його в блок ECU, який з'єднаний з сервоприводом гальм і системами ABS, TCS і ESP. Датчики цих систем забезпечують ECU даними про динаміку автомобіля – швидкість руху, здійснення поворотів і рух коліс. Використовуючи цю інформацію, ECU обчислює сигнали і подає їх до гідравлічного модулятора, де вони перетворюються в тиск гальм для окремих коліс. Насос з електроприводом, разом з акумулятором високого тиску і системою контролю тиску, забезпечує подання гідравлічного тиску.

У випадку відмови в системі вона, для забезпечення безпеки, перемикається на робочий режим, при якому гальмування автомобіля відбувається без підсилення потужності.

6.5 Керування гальмовою системою при круїз-контролі

Основною функцією системи адаптивного круїз-контролю (adaptive cruise control (ACC) system) є підтримка необхідної швидкості руху, заданої водієм, з метою підвищення безпеки руху на дорозі та поліпшення комфорту водія. Система ACC може гнучко адаптувати швидкість автомобіля до умов дорожнього руху шляхом автоматичного прискорення, сповільнення чи гальмування і, таким чином, підтримувати відстань до транспортного засобу, що рухається попереду.

Найбільш важливим компонентом в системі ACC (рис. 6.7) є радіолокаційний датчик, за допомогою якого визначається відстань до автомобіля, що рухається попереду, відносна швидкість руху та відносне положення транспортних засобів.



- 1 - ECU керування роботою двигуна; 2 - блок перевірки роботи радіолокаційного датчика; 3 - блок керування роботою гальм при включенні круїз-контролю; 4 - контрольні прилади та блок індикації; 5 - блок керування двигуном при включенні круїз-контролю; 6 - датчики; 7 - блок керування трансмісією при включенні круїз-контролю

Рисунок 6.7 – Компоненти системи адаптивного круїз-контролю

Для забезпечення надійної роботи системи АСС важливо, щоб автомобілі, що рухаються попереду, розташовувались в межах смуги руху. Інформація від датчиків програми ESP (рис. 6.8) використовується для визначення фактичної кривої руху транспортного засобу, оснащеного АСС. Додаткова інформація про транспортний потік визначається за допомогою радіолокаційних сигналів.

Системи відеозображень та навігаційні системи використовуються для допомоги водіям автомобілів при визначенні маршрутів руху.

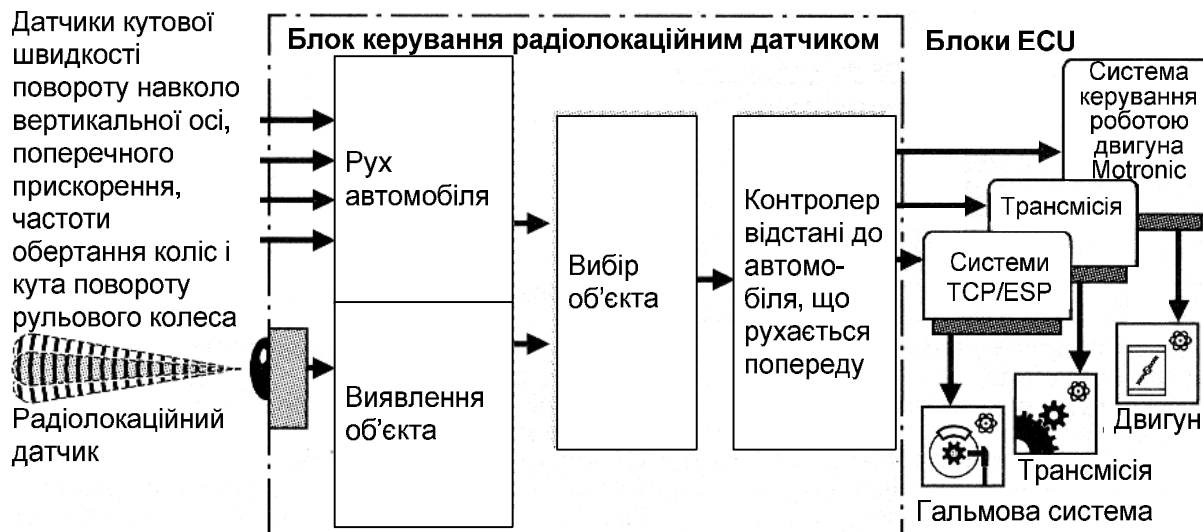


Рисунок 6.8 – Основна структура керування системи АСС

На практиці встановлено, що для оптимального режиму роботи АСС сповільнювати рух автомобіля за рахунок прикривання дроселя недостатньо. Тривалі операції переслідування автомобілів за допомогою АСС без необхідності частого втручання водія можливі лише при задіяні програми ESP гальмової системи.

Система АСС допускає тільки плавне гальмування. Функції безпеки, такі як екстрене гальмування, в обов'язки даної системи не входять. Ці функції разом з вибором швидкості руху та дистанції залишаються на особистій відповідальності водія.

Система АСС не передбачає операції із керування автомобілем в міських умовах, а лише при русі по автомагістралях при швидкостях більших 30 км/год. Розширення функцій для роботи системи в міських умовах потребує значного удосконалення функціональних можливостей використовуваних датчиків, призначених для контролю навколишніх умов руху. Це не можливо здійснити за рахунок радіолокаційної системи, яка працює при частоті 76,6 ГГц.

7 РУЛЬОВЕ КЕРУВАННЯ

В директивах ЄЕС 70/311, виділяється три основних типи систем рульового керування:

- рульове керування з використанням мускульних зусиль, в якому підсилення для виконання повороту створюється виключно самим водієм;
- безмускульні системи рульового керування, в якому зусилля для керування створюється виключно від джерела енергії на автомобілі (не використовується на високошвидкісних автомобілях);
- рульове керування з підсилювачем (рис. 7.1), в якому зусилля для керування створюються як за рахунок мускульної сили, так і від джерела енергії (використовується на високошвидкісних автомобілях).

Системи рульового керування з підсилювачем знайшли широке застосування. Однак без застосування електроніки підсилювачі, як правило, мають постійний коефіцієнт підсилення, що негативно позначається на занадто великих і занадто малих швидкостях руху автомобіля: на малій швидкості потрібні більші зусилля на рульовому колесі, а на великій швидкості – дуже малі.

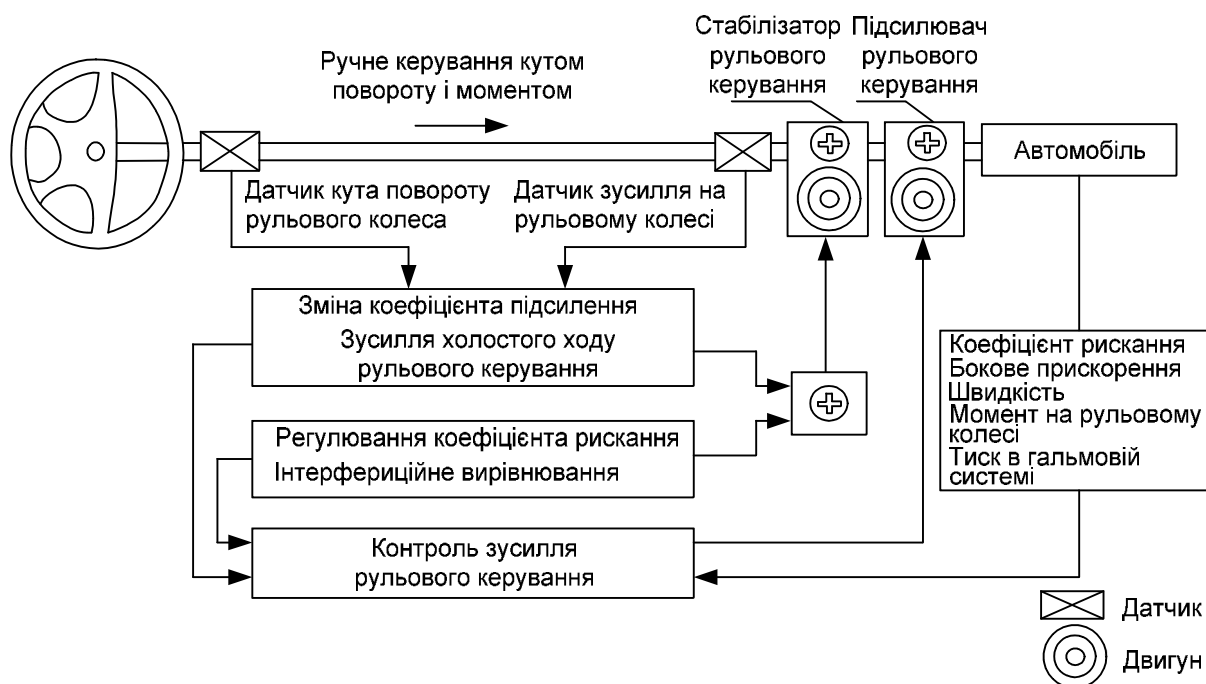


Рисунок 7.1 – Активна система рульового керування з підсилювачем

Розробки з метою підвищення ефективності рульового керування базуються на прогресі в області електронної техніки і мають два напрямки:

- керування, що реагує на швидкість руху автомобіля;
- керування, що реагує на частоту обертання колінчатого вала двигуна.

В 1-му випадку коефіцієнт підсилення змінюється відповідно до швидкості автомобіля, в 2-му – із частотою обертання колінчатого вала

двигуна. В обох випадках ціль зміни полягає в тому, щоб зробити більше легким керування на низькій швидкості та менш чутливим – на високій.

Існують також системи, які за допомогою мікроЕОМ дозволяють управляти рульовим підсилювачем за показниками кутової швидкості повороту рульового колеса або встановлювати його за бажанням водія.

Зростаючі вимоги до комфортельності і безпеки руху сучасних автомобілів приводять до необхідності використання систем підсилення з можливістю модуляції сил, що діють на рульове керування, за швидкістю їх руху. В таких системах блок керування (рис. 7.2) оцінює сигнали, які відповідають швидкості руху автомобіля, і визначає рівень реакції гідравлічного або електричного підсилювача.

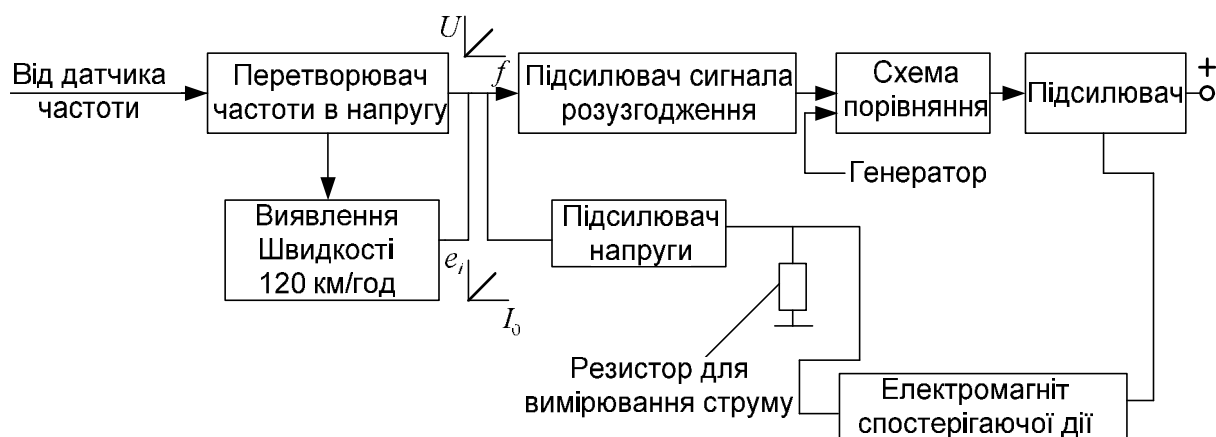
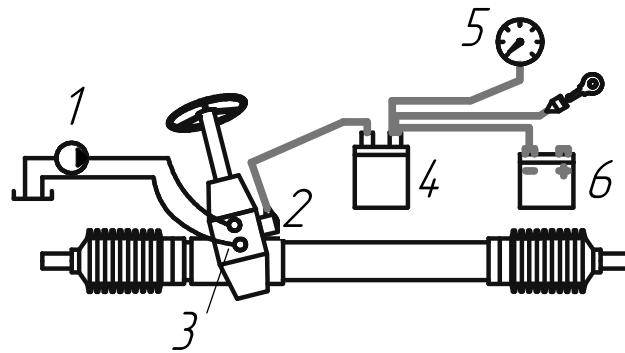


Рисунок 7.2 – Структурна схема електронного блока рульового керування ЕБК з підсиленням за швидкістю автомобіля

На вхід схеми ЕБК надходить сигнал від датчика швидкості. Вихідним сигналом ЕБК є сигнал, що приводить у рух електромагніт слідкувальної дії. Цей електромагніт відрізняється від звичайного тим, що може фіксувати чотири клапани в довільному положенні, пропорційному середньому струму. Сигнал від датчика швидкості за допомогою перетворювача частоти в напругу ($f - U$) перетворюється в напругу, пропорційну швидкості, що легко обробляється аналоговою схемою. На високій швидкості для збільшення рульового зусилля струм електромагніта повинен рости. Але щоб не допускати надмірного збільшення зусилля на рульовому колесі на великих швидкостях, значення струму залишається незмінним при швидкості вище 120 км/год. Для цього вводиться схема виявлення швидкості 120 км/год. Напруга U , отримана в результаті перетворення сигналу датчика швидкості, напруга e_i , пропорційна спаданню напруги (утвореному струмом I_0 через електромагніт) на резисторі для вимірювання струму, порівнюються в підсилювачі сигналу неузгодженості. Підсилювач, що містить інтегруючу схему на операційному підсилювачі, виробляє сигнал, скоректований таким чином, що при наявності неузгодженості через електромагніт

завжди протікає струм, пропорційний швидкості. Схема порівняння в результаті обробки скоректованого сигналу та сигналів трикутної форми e_0 генератора виробляє імпульси відповідно до реальної швидкості. Ці сигнали через транзистор надходять на електромагніт. Зі збільшенням струму ступінь відкриття електромагнітного клапана та зусилля на рульовому колесі зростають.

Принципова схема системи регулювання за допомогою гідравлічного підсилювача наведена на рис. 7.3.



- 1 – нагнітальний масляний насос; 2 – електрогідравлічний перетворювач;
 3 – корпус розподільного клапана; 4 – електронний блок керування;
 5 – електронний спідометр; 6 – акумуляторна батарея

Рисунок 7.3 – Схема рульового керування з гідравлічним підсилювачем, робота якого модулюється від швидкості руху

Особливістю конструкції даного гідравлічного підсилювача є те, що виконавчий механізм може бути встановлений або в насосі підсилювача, або в рейковому рульовому механізмі. У виконавчому механізмі є розподільний клапан, який змінює витрату рідини з насоса підсилювача. Роботою клапан керує електронний блок керування, що одержує сигнали швидкості руху автомобіля від центрального електронного керуючого модуля (датчика).

Особливі характеристики підсилювача рульового керування (рис. 7.4) дозволяють повертати рульове колесо з мінімальним зусиллям при нерухомому автомобілі, або під час його руху з невеликою швидкістю; ступінь посилення знижується з підвищенням швидкості руху. Таким чином, при русі з високими швидкостями забезпечується можливість керування поворотами автомобіля в оптимальному режимі. При такій системі важливо, що тиск і витрата мастила ніколи не знижуються і тому ці параметри можуть бути негайно затребувані в критичних ситуаціях керування.

У випадку використання електропідсилювача (рис. 7.4), в роботі системи використовується електричний двигун, який живиться від системи електрообладнання автомобіля, і розташовується в одному з трьох місць: на рульовій колонці, в районі шестеренного насоса або рейкового приводу.

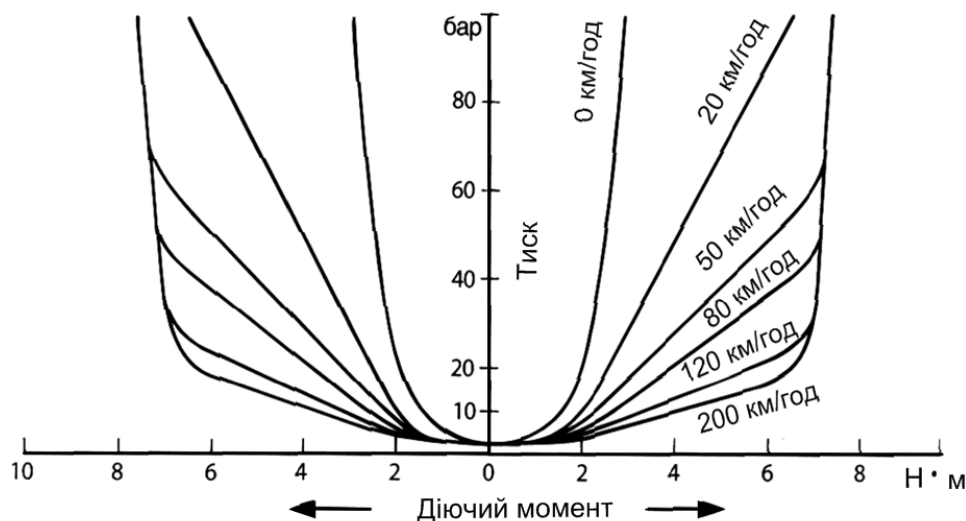
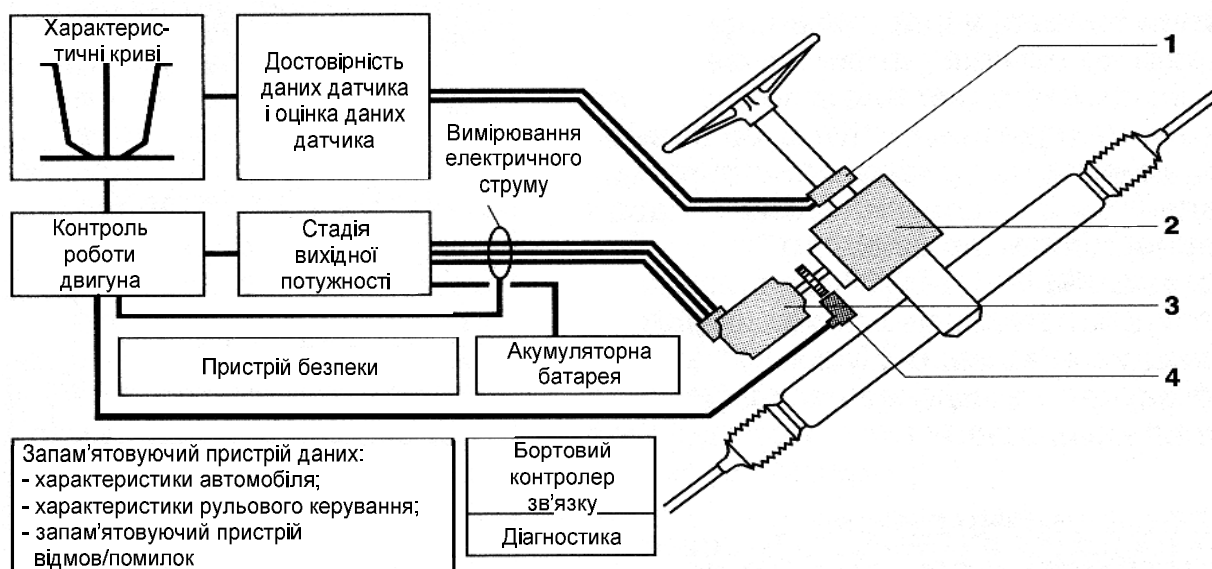


Рисунок 7.3 – Характеристичні криві системи рульового керування з підсилювачем (форма кривих може змінюватися відповідно до змін параметрів автомобіля)



1 – датчик крутного моменту; 2 – понижувальна передача;
3 – датчик електродвигуна; 4 – електродвигун

Рисунок 7.4 – Схема роботи системи рульового керування з електропідсилювачем Servolectric (Bosch/ZF)

ЕБК системи Servolectric програмує її роботу за допомогою динамічно керованих параметрів, тобто автоматичне (з оберненим зв'язком) підсилення впливу на керовану вісь, забезпечуючи значну економію енергії рульового керування (приблизно 85% економії енергії порівняно з рульовим керуванням з гідروпідсилювачем, насосом, приводом від двигуна).

Система Servolectric дозволяє керувати автомобілем без підсилення у випадку виходу з ладу системи підсилення потужності.

8 ІНФОРМАЦІЙНІ КОНТРОЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНІ СИСТЕМИ

8.1 Інформаційна система автомобіля

Крім дисплея та елементів керування в сучасних автомобілях застосовується набір засобів забезпечення інформацією, зв'язком і комфортом руху, який постійно розширюється. Радіозв'язок, телефон, система навігації і т.п. (рис. 8.1) поступово стають стандартним оснащенням автомобілів. Кожен з цих засобів потребує наявності дисплея, спеціальних схем керування та різних процедур для їх роботи.



Рисунок 8.1 – Структура інформаційної системи транспортного засобу

Для повного задоволення вимог щодо забезпечення комфорту і безпеки руху, інформаційна система автомобіля повинна мати стандартизований «інтерфейс користувача» для вибору водієм різних засобів забезпечення інформацією, зв'язком і комфортом руху. Застосування робочих елементів повинно бути обмежене рамками одного дисплея та одного робочого пристрою. Істотне зменшення числа елементів введення/виведення інформації полегшує впровадження ергономічних схем керування. Через підвищення складності, інформаційні системи потребують розробки легко читаної та зручної контрольно-вимірювальної апаратури автомобіля, головною умовою застосування якої є забезпечення безпеки дорожнього руху. Дисплей і робочий блок підтримують взаємний зв'язок з усіма під'єднаними компонентами через шинну систему,

наприклад, через бортовий контролер зв'язку (controller area network (CAN)), для керування і відображення інформації на дисплеї.

Найважливішою функцією керування є введення інформації, здійснюване за допомогою елементів введення, які можуть бути розташовані водієм в межах миттєвого доступу, а також використанням елементів керування на рульовому колесі. Більш розширені задачі програмування можуть виконуватись за допомогою дистанційного керування, використання якого за умовами забезпечення безпеки руху допустиме в нерухомому стані автомобіля.

Центральний дисплей служить для відображення найбільш змінюваної відеоінформації, такої як тексти та відеосигнали. Інформація, важлива для водія під час керування транспортним засобом, відображається на дисплеї комбінації приладів. Засоби голосового виведення можуть бути допоміжним забезпеченням оптичного дисплея. В майбутньому знайдуть застосування засоби голосового введення, які допомагатимуть водію керувати деякими функціями системи.

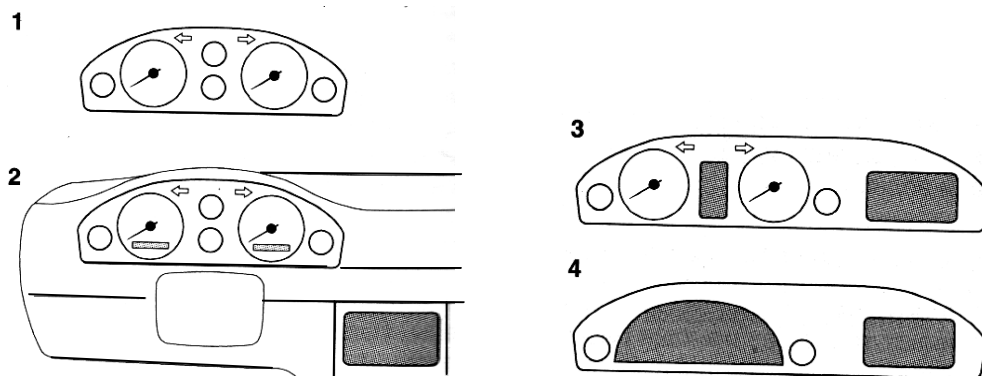
8.2 Контрольно-вимірювальні прилади та засоби бортової діагностики

Водії повинні обробляти постійно зростаючий потік інформації, яка поступає від власного та інших автомобілів, дороги та засобів зв'язку. Все це повинно передаватись водієві через наявні в транспортному засобі зони інформації і зв'язку зручним відображенням та індикаторним оснащенням, виконаними відповідно до ергономічних вимог.

В будь-якому автомобілі є чотири зони інформації і зв'язку: щиток приладів, вітрове скло, центральна консоль панелі приладів, заднє відділення салону автомобіля. Характер відображення інформації в цих зонах визначається областю значень корисної і бажаної інформації для користувача.

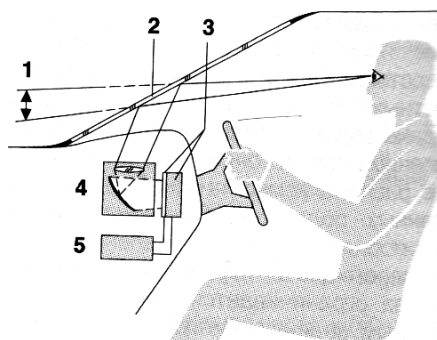
Інформація про динаміку руху автомобіля, на яку водій повинен реагувати, відображається на щитку приладів. Проекційний бортовий індикатор (head-up display (HUD)), за допомогою якого інформація відображається на вітровому склі, особливо ефективний для передачі інформації при збереженні основної уваги водія на дорожній ситуації, наприклад, у випадку необхідності відображення попереджень системи адаптивного круїз-контролю (ACC). Інформація про стан систем і агрегатів або запрошення до діалогу відображаються на центральній консолі панелі приладів. Інформація розважального характеру відображається в задній частині автомобіля, для того, щоб не відволікати увагу водія.

Зона інформування водія в салоні транспортного засобу та використовувані технології відображення пройшли декілька стадій розробки (рис. 8.2, 8.3): персональні та комбіновані контрольно-вимірювальні прилади (КВП); цифрові дисплеї; графічні модулі; персональні модулі з комп'ютерним монітором, проекційні бортові індикатори.



1 – стрілкові пристрої; 2 – стрілкові пристрої з дисплеями на рідких кристалах типу TN і окремими активно-матричними рідкокристалічними дисплеями AMLCD на центральній консолі панелі приладів; 3 – стрілкові пристрої з дисплеями на рідких кристалах типу (D)STN та інтегрованими активно-матричними рідкокристалічними дисплеями (AMLCD); 4 – програмовані прилади з двома активно-матричними рідкокристалічними дисплеями (AMLCD)

Рисунок 8.2 – Зони інформування водія



1 – віртуальне зображення; 2 – відображення на вітровому склі;
3 – рідкокристалічний дисплей з додатковим освітленням або дисплей з електронно-променевою трубкою (CRT) , або вакуумно-флуорисцентний дисплей (VFD);
4 – оптична система; 5 – електроніка

Рисунок 8.3 – Принципова схема проекційного бортового індикатора

Для того, щоб не дуже відволікати увагу водія від головного напрямку зору, зображення від проекційного бортового індикатора не перевантажується інформацією. Як правило, проекційний бортовий індикатор використовується для передачі інформації, пов'язаної з безпекою руху: попередження про небезпеку, дотримання безпечної дистанції між автомобілями, вказування маршруту руху.

Основні функції більшості комбінацій приладів є однаковими (рис. 8.4), хоча функціональні блоки, які включають мікроконтролери, інтегральні схеми запам'ятовуючих пристроїв з програмами (application-specific integrated circuit (ASIC)) і стандартні зовнішні пристрої інколи значно відрізняються (за асортиментом, характеристиками і типом дисплеїв). Електронні комбінації приладів показують вимірювані параметри з високою точністю завдяки технології крокових двигунів, а

також застосовуваних «інтелектуальних» функцій, таких як попередження про зміну тиску мастила в залежності від частоти обертання колінчатого вала двигуна, індикація відмов або необхідності технічного обслуговування і ремонту на матричному дисплеї.



Рисунок 8.4 – Блок-схема функціонування комбінації приладів з використанням бортового контролера зв'язку CAN

Навіть оперативні діагностичні функції є стандартними і займають важливу частину запам'ятовуючого пристрою програми. Застосовувані в сучасних комбінаціях приладів системи шин (каналів передачі інформації) використовуються як інтерфейси між різними системами автомобіля (наприклад, контролер зв'язку з двигуном, бортовим контролером зв'язку і шиною діагностування).

Завданням мікропроцесорних вбудованих засобів є контроль за технічним станом агрегатів, вузлів, систем та автомобіля в цілому. В результаті формуються рекомендації із продовження роботи автомобіля на лінії або поставлення його на технічне обслуговування (ТО) і поточний ремонт (ПР), чи виконання дрібного ремонту самим водієм у межах щоденного обслуговування (ЩО).

Вбудовані засоби підрозділяються на:

- системи датчиків і контрольних точок, що забезпечують виведення сигналів на зовнішні засоби діагностування;
- бортові системи контролю параметрів функціонування та технічного стану з виведенням результатів тільки на дисплей в кабіні водія;
- вбудовані системи діагностування – автономні або функціонуючі комплексно зі стаціонарними інформаційно-керуючими центрами. Ці системи призначені для непрямого узагальненого контролювання роботоздатності вузлів і агрегатів з видачею результатів на дисплей водієві та у бортовий накопичувач для подальшого прогнозування і обліку ресурсу та напрацювання вузлів, коректування режимів ТО стаціонарними ЕОМ.

Найбільше поширення одержали вбудовані системи з мікропроцесорною обробкою, нагромадженням і видачею інформації водієві, у бортовий накопичувач і на штекерний вивід, що несуть функції

всіх трьох зазначених різновидів. Такі системи призначені для використання водієм або механіком АТП і видачі даних в ЕОМ стаціонарного комплексу автоматичних систем контролю (АСК) роботою і технічним станом парку.

Діагностування тільки зовнішніми засобами не забезпечує запобігання експлуатації автомобілів з несправностями, аварійних дорожніх відмов, оптимізації вибору режимів руху та проведення ТО і ПР. Воно не усуває нагромадження несправностей на межі контрольного пробігу, так що в середньому більше 20 % парку експлуатується з такими несправностями. Погіршення технічного стану автотранспортних засобів є причиною дорожньо-транспортних пригод (ДТП) і дорожніх відмов. Більш частому проведенню діагностування перешкоджають обмеження економічного характеру. Крім того, значна частка парку експлуатується взагалі без діагностування, нерідко у відриві від АТП і станцій технічного обслуговування, у відомчих та особистих, погано оснащених гаражах.

Найбільш перспективною можливістю зняти зазначені обмеження, забезпечивши практично безперервним контролем найменш надійні вузли, служить впровадження вбудованих засобів діагностування. Провідні автомобілебудівні фірми застосовують на автомобілях розгалужені мікропроцесорні бортові системи контролю (БСК), які забезпечують контроль стану зчеплення, амортизаторів, акумуляторної батареї, системи запалювання, компресії в циліндрах та ін. (рис. 8.5). Різноманіття функціональних можливостей, апаратної побудови та форм видачі результатів відображає класифікація вбудованих засобів діагностування за функціональними і структурними ознаками (рис. 8.6).

Число датчиків визначає вартість і надійність БСК. Подальший розвиток мікропроцесорних БСК пов'язаний не з нарощуванням числа контрольованих параметрів, як колись, а з удосконалюванням обробки даних, одержуваних у результаті вимірювань, їхнього нагромадження, вторинної переробки за змінними обчислювальними алгоритмами, і видачею результатів не тільки водієві, але й через накопичувач, – персоналу технічної служби після повернення автомобіля в АТП. Такі автономні або функціонуючі в комплексі зі стаціонарними інформаційно-керуючими центрами (ІКЦ) мікропроцесорні системи для непрямого контролю, нагромадження і переробки результатів доцільно йменувати вбудованими системами діагностування (ВСД). Замість контролю структурних параметрів, які безпосередньо і однозначно відбивають рівень зношування деталі або роботоздатності вузла, у них за результатами вимірів функціональних параметрів обчислюються узагальнені комплексні показники роботоздатності агрегатів та експлуатаційних якостей автомобіля. Такі ВСД забезпечують формування рекомендацій водієві та команд автоматичним регуляторам щодо обмеження швидкості руху, частоти обертання колінчатого вала двигуна, своєчасності поставлення автомобіля на ТО і ПР, заміни конкретних вузлів і агрегатів, а разом зі стаціонарними комплексами АСК визначають їхній залишковий ресурс.

Режими роботи автомобіля при діагностуванні

- Функціональні параметри двигуна і систем керування
- Структурні параметри систем керування
- Показники експлуатаційних властивостей автомобіля
- Узагальнені показники роботоздатності вузлів
- Регулювальні параметри двигуна і систем керування
- Параметри зношування вузлів і агрегатів
- Параметри, що контролюються зовнішніми засобами

Умови виведення результатів

- Робочі
- Екстремальні і спеціальні
- Пускові і стартові
- Холодного ходу
- Тестові і екстремальні
- При виникненні поломки
- При погіршенні функціональних властивостей
- При виході за межі допуску
- За запитом на виносний пуль
- За запитом через накопичувач
- Виведення на зовнішні засоби

Адресація результатів

- Водії
- в процесі руху
- при виконанні ЩО, ремонту і регулювань
- Механіки колони, чергові механіки
- Мастери ВТК
- Пости діагностування в АТП

Реалізація результатів

- Вибір швидкості руху і режиму двигуна
- Рішення щодо призупинення транспортної роботи і поставлення на ТО і Р
- ЩО, ремонт і регулювання водієм в дорожніх умовах
- Рішення щодо можливості випуску на лінію і якості ЩО
- Рішення щодо номенклатури ремонту і заміни вузлів і агрегатів
- Прогнозування залишкового ресурсу для служби перевезень
- Діагностування зовнішніми засобами

Рисунок 8.5 – Можливість сфери контролю технічного стану вмонтованими засобами



Рисунок 8.6 – Класифікація вбудованих засобів діагностування

ВСД автоматизують процедуру узагальненої оцінки стану автомобіля, звичайно виконувану водієм і механіком суб'єктивно навіть при оснащенні бортовими системами контролю.

Конструювання ВСД ведеться за двома основними напрямками: створення автономних цілком орієнтованих на водіїв систем для узагальненої оцінки стану автомобіля і систем у комплексі зі стаціонарними засобами ІКЦ, адресованих насамперед механікам, майстрам і керівникам АТП.

На сучасному етапі найбільш характерним є об'єднання різних автомобільних систем контролю і діагностування на структурному та алгоритмічному рівнях у єдину інформаційну систему автомобіля із загальною мережею датчиків і мікропроцесорним блоком з накопичувачем у комплексі зі стаціонарними ІКЦ АТП. Цим забезпечується не тільки раціональна побудова бортового комплексу, але й новий, якісно більш високий рівень оптимізації оперативного керування в технічній і комерційній експлуатації.

Характерно, що при інтеграції ВСД із комплексними системами керування двигуном, трансмісією та іншими агрегатами самі ці системи керування також підлягають контролю вбудованою системою. При цьому роздільно контролюються вихідні сигнали вбудованих датчиків, електронних блоків, виконавчих механізмів, а найчастіше і стан керованого ними вузла автомобіля. Як правило, ВСД легкових автомобілів

забезпечуються бортовим накопичувачем, а процедура відображення результатів є дво- або триланковою і програмується. В залежності від пріоритету несправності автоматично включається одна з форм індикації (синхронна, ланцюгова, за запитом, за опорними сигналами режиму роботи автомобіля) наявності та місця несправностей. Таке ускладнення процедури відображення результатів при порівняно простих алгоритмах допустимого контролю забезпечує адаптацію ВСД до жорстких умов інформаційних перевантажень водія, значно спрощує використання результатів як водієм, так і ремонтним персоналом АТП і СТО.

У ВСД є не тільки апаратна інтеграція систем, але й об'єднання процедур обробки зафіксованих ними результатів різного змісту: діагностування, контролю виконаної транспортної роботи (за показниками тахографа), обліку виробітку ресурсу агрегатів і виконаних технічних впливів, витрати паливних ресурсів й ін. Алгоритми спільної обробки реалізуються на ЕОМ стаціонарних інформаційно-керуючих центрів АТП. На борту дані фіксуються за опорними сигналами пробігу, дати, часу і подій (номером їздки або рейса, причинами простоїв, випадками ТО і ПР та ін.). Видача інформації забезпечується відразу за кількома адресами – диспетчерські служби перевезень, групи обліку паливних і матеріальних ресурсів, аналіз технічного стану і обслуговування рухомого складу, керування виробництвом ТО і ПР, механікам і керівникам АТП.

8.3 Бортові контролери і системи зв'язку

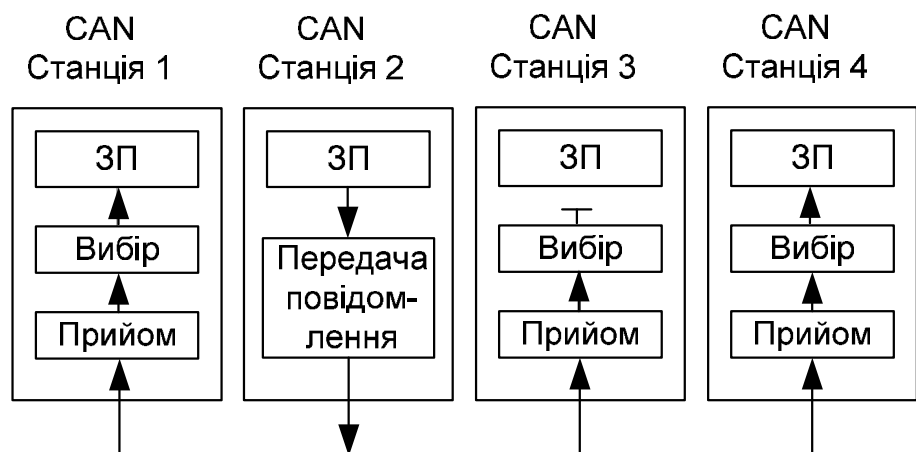
Сучасні транспортні засоби оснащуються великим числом електронних блоків керування (ЕБК), які виконують обмін великої кількості даних. Традиційний метод розв'язання цієї задачі шляхом використання ліній передачі даних, закріплених за кожним каналом, на даний час досягає меж своїх можливостей і стає стримуючим фактором розвитку ЕБК. Тому вирішення проблеми слід шукати у використанні спеціалізованих, сумісних з автомобільною проводкою, послідовних систем шин, серед яких бортовий контролер зв'язку (CAN) уже прийнято як стандарт.

Існує чотири основних види застосування CAN:

- зв'язок між ЕБК;
- рухомі засоби зв'язку;
- діагностування;
- мультиплексна проводка для елементів електрообладнання.

Зв'язок між окремими ЕБК стає необхідним, коли повинні з'єднуватись такі електронні системи, як Motronic, електронне перемикання коробки передач, електронне керування потужністю двигуна, керування силою тяги (ASR). Звичайно швидкість передачі даних знаходиться в діапазоні від 125 кбіт/с до 1 Мбіт/с і повинна бути достатньо високою для забезпечення реагування системи у реальному масштабі часу. Послідовне передавання даних (рис. 8.7) забезпечує більш високу швидкість їх передавання, ніж в стандартних інтерфейсах, без створення

додаткових перешкод для центрального процесора. Число штирьових контактів для ЕБК також зменшується.



ЗП – запам'ятовувальний пристрій

Рисунок 8.7 – Послідовна передача даних з використанням контролера CAN

Рухомі засоби зв'язку, центральний дисплей та блок керування водія разом з послідовною шиною використовуються для керування роботою радіоприймача, автомобільного телефону, навігаційної системи і надання вихідних параметрів водієві через кольоровий дисплей високої роздільної здатності. Основна мета – застосування ергономічної конструкції для зменшення відволікання водія, пов'язаного з експлуатацією ЕБК. Швидкість передачі даних 50-125 кбіт/с є достатньою за умови, що немає необхідності в передачі даних цифрової звукової чи навігаційної системи.

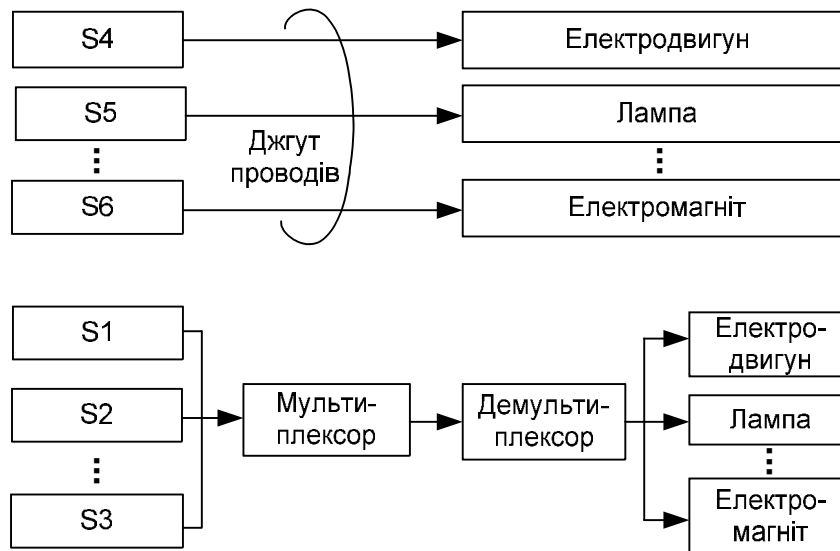
Діагностування CAN ґрунтується на використанні існуючих мереж зв'язку, призначених для діагностування ЕБК. Швидкість передачі даних 500 кбіт/с.

Мультиплексна система зв'язку в автомобілі використовується для передачі декількох сигналів по одному сигнальному проводу, з'єднуючи електронні компоненти з інтерфейсом водія. Ця система не тільки скорочує число джгутів і знижує масу з'єднувальних проводів, але й дозволяє істотно спростити конструкцію монтажу каналів у кузові та вузлів з'єднання дверей з кузовом.

Сигнали, які керують виконавчими пристроями – електродвигунами, соленоїдами, електромагнітними клапанами, лампами, обробляються мультиплексором (пристроєм, що поєднує кілька сигналів), передаються по одному сигнальному проводу і за допомогою демультіплексора надходять до виконавчих пристроїв (рис. 8.8). Колись ці сигнали передавалися по численних проводах.

Приклад мультиплексної системи зв'язку наведений на рис. 8.9. Вимикачі 8 систем керування в ній розташовані на дверях, а зв'язок з ЕБК 6 забезпечується за допомогою світлодіодів 5. ЕБК системи виконують такі функції керування: блокування і розблокування дверей,

поворот дзеркал, регулювання положення скла у вікнах, регулювання сидінь, підігрів сидінь, підсвічування попільниці та вимикачів, освітлення під передньою панеллю та освітлення гнізда ключа запалювання.

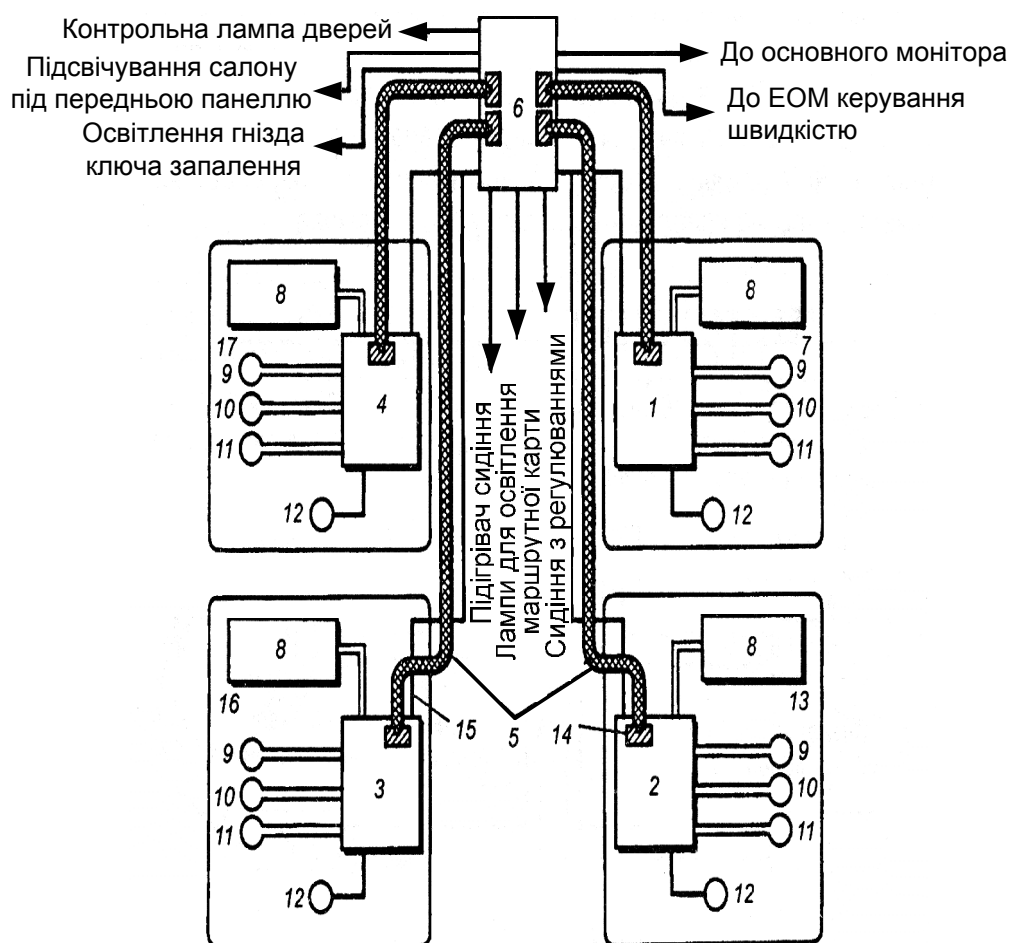
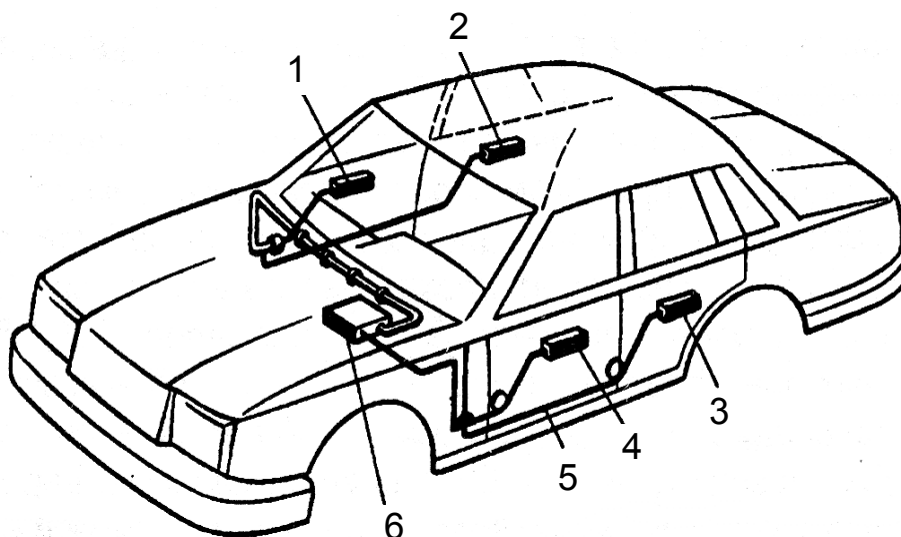


S1 - S6 – вимикачі

Рисунок 8.8 – Традиційна та мультиплексна системи зв'язку

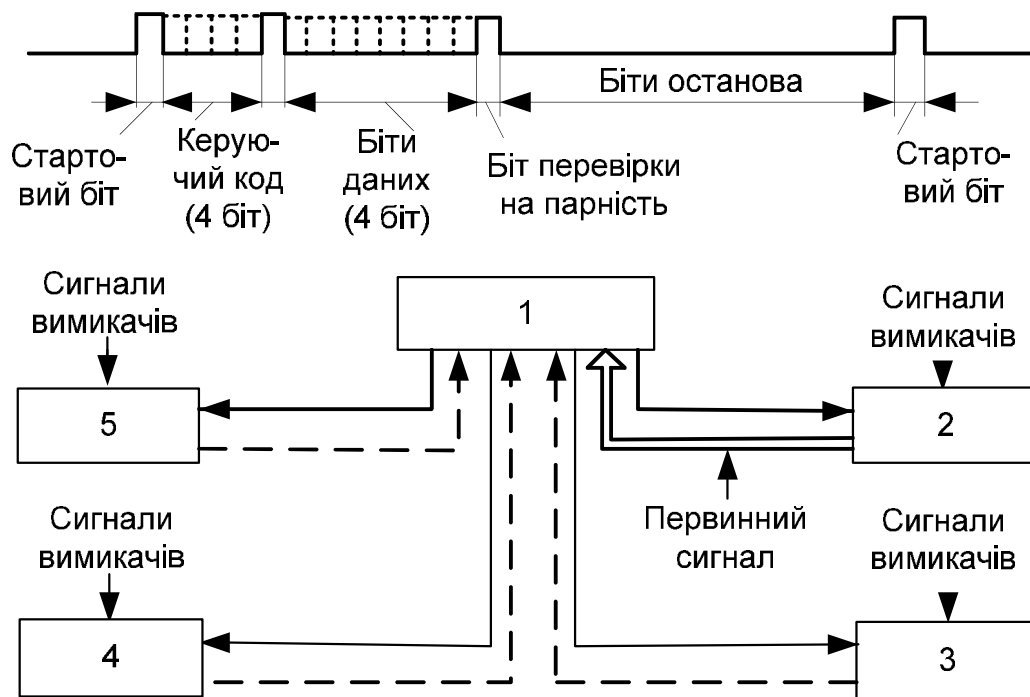
Передача даних між ЕБК здійснюється стартостопним способом. При цьому способі на початку і в кінці даних додаються сигнали (так звані стартовий біт і біт зупинки), які синхронізують роботу приймальних і передавальних пристроїв. Швидкість передачі даних при такому способі невисока. Проте стартостопний спосіб одержав найбільш широке поширення, оскільки він забезпечує досить надійну синхронізацію даних. Швидкість передачі даних становить від 10 до 125 кбіт/с (низькошвидкісні CAN). Формат даних поданий на рис. 8.10. Тип сигналу вказується в зоні керуючого коду, а зміст обробки і стан вимикачів – у зоні даних. ЕБК 2, розташований в передніх правих дверях, є провідним елементом мультиплексного зв'язку. Він генерує 32-бітові послідовності керуючих імпульсів (первинні сигнали), які через ЕБК кузова 1 передаються на ЕБК в інших дверях. ЕБК записують у зоні даних цих сигналів стан вимикачів і потім передають сигнали в ЕБК кузова, що обробляє їх і передає вихідні сигнали на виконавчі пристрої кузова.

Система оптичного зв'язку (рис. 8.11) складається з оптичних передавачів 3 і приймачів 1, а також світловодів 4. В оптичному передавачі використовуються світлодіоди, що перетворюють електричні сигнали у світлові. В оптичному приймачі фотодіод перетворює світловий сигнал, переданий по світлодіоду, в електричний. Приймач і передавач виконані в єдиній конструкції у вигляді так званого модуля зв'язку.



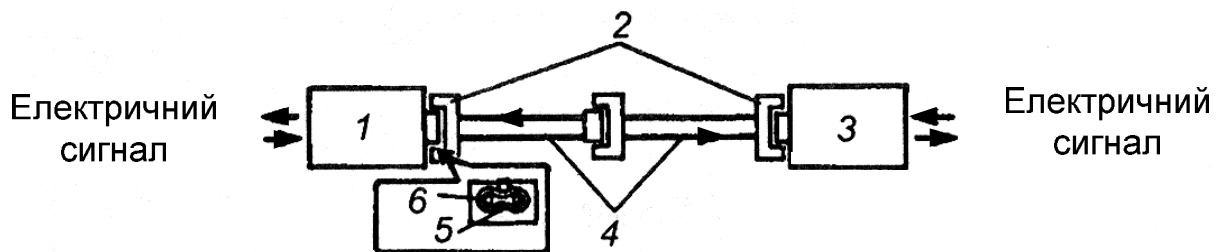
1 і 2 - відповідно передній і задній праві ЕБК; 3 і 4 - відповідно задній і передній ліві ЕБК; 5 - світлодіоди; 6 - ЕБК кузова; 7 і 13 - відповідно передня і задня праві двері; 8 - вимикачі; 9 і 10 - електродвигуни відповідно для переміщення і повороту скла і дзеркал; 11 - електромагніти блокування і розблокування; 12 - освітлення попільниці; 14 – прийомопередавальний оптичний елемент; 15 - шина джерела живлення; 16 і 17 - відповідно задня і передня ліві двері

Рисунок 8.9 – Мультимплексна система автомобіля Toyota



1 - ЕБК кузова; 2 і 3 - відповідно передній і задній праві ЕБК;
4 і 5 - відповідно задній і передній ліві ЕБК

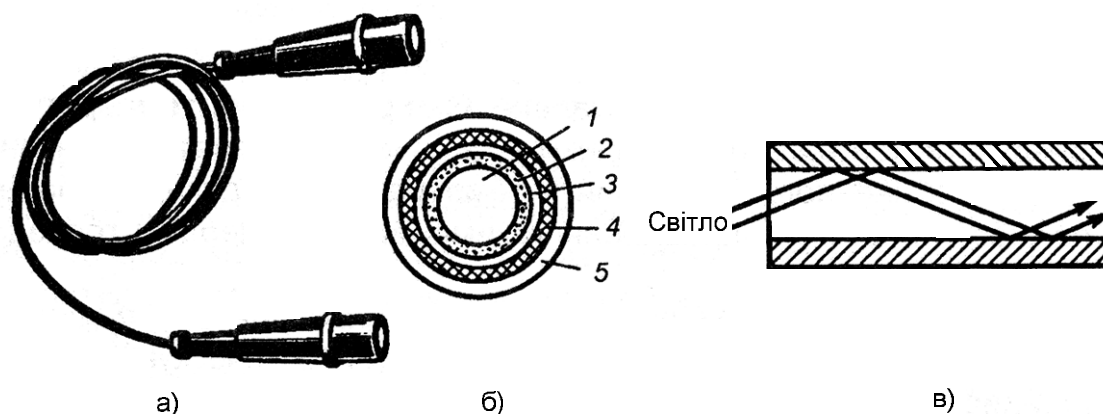
Рисунок 8.10 – Формат даних



1 - оптичний приймач (передавач); 2 - оптичний з'єднувач; 3 - оптичний передавач (приймач); 4 - світловод; 5 і 6 - відповідно передавальний і приймальний канали

Рисунок 8.11 – Система оптичного зв'язку

Світловоди можна розділити на два типи – скляні та пластмасові. У даній системі застосовуються пластмасові світловоди, яким властиві більші втрати і гірші характеристики передачі, ніж скляним. Але пластмасові світловоди майже не ламаються при вигинах, дешеві та забезпечують простоту з'єднання (рис. 8.12). Поширення світла досягається використанням матеріалів з різними коефіцієнтами переломлення. Коефіцієнт переломлення серцевини 1 трохи вищий, ніж оболонки 2. Світло повністю відбивається на границі «оболонка - серцевина» і поширюється уздовж волокна.



а - зовнішній вигляд; *б* - переріз; *в* - принцип дії; 1 - серцевина (пластмаса);
 2 - оболонка; 3 - перше покриття (підсилює серцевину й оболонку);
 4 - захисний матеріал (охороняє світловод від розтягання);
 5 - друге покриття (захищає від зовнішніх впливів)

Рисунок 8.12 – Світловод

8.4 Система керування CARTRONIC

Розвиток автомобільних електронних систем пов'язаний зі збільшенням потреб, включаючи безпеку і комфорт руху, сумісність з навколишнім середовищем, зростання законодавчих вимог, інтегрування інформаційно-розважальних систем і зв'язок із зовнішнім середовищем. Під впливом цих потреб окремі електронні автомобільні системи розробляються для перетворення в мережні складні системи, в яких інформація передається за допомогою шин даних (наприклад CAN). Основною вимогою при розробці таких складних систем є крос-системна стандартизація її окремих компонентів, підсистем і підфункцій. Повинні підвищуватись надійність і доступність системи, а шляхом спільного обміну інформацією між різними автомобільними системами може бути зменшена кількість необхідних компонентів.

В сучасних автомобілях уже використовуються складні системи, такі як контроль сили тяги (TCS) і електронна система стійкості автомобіля (ESP), розробка якої триває. Крос-системні функції цих двох систем знаходяться під впливом електронного блока керування TCS, який інформує ЕБК роботою двигуна, коли колеса починають проковзувати, в результаті ЕБК, відповідно, зменшує крутний момент двигуна.

Впровадження крос-системних функцій шляхом інтеграції підсистем потребує узгодження зі стандартизації інтерфейсів і функцій підсистем. Потрібно встановити, яка інформація необхідна від підсистеми і які змінні параметри на основі цієї інформації повинні контролюватися. Все це має важливе значення з урахуванням того, що підсистеми розробляються окремо одна від одної (часто різними виробниками).

Вимоги, подані вище, привели до створення системи CARTRONIC (рис. 8.13), яка виражає концепцію специфікації та класифікації усіх систем контролю і керування автомобілем. Вона містить певні правила взаємодії між підсистемами, а також розширені модульні архітектури для функціонування, безпеки руху та електронних засобів на основі цих формальних правил.

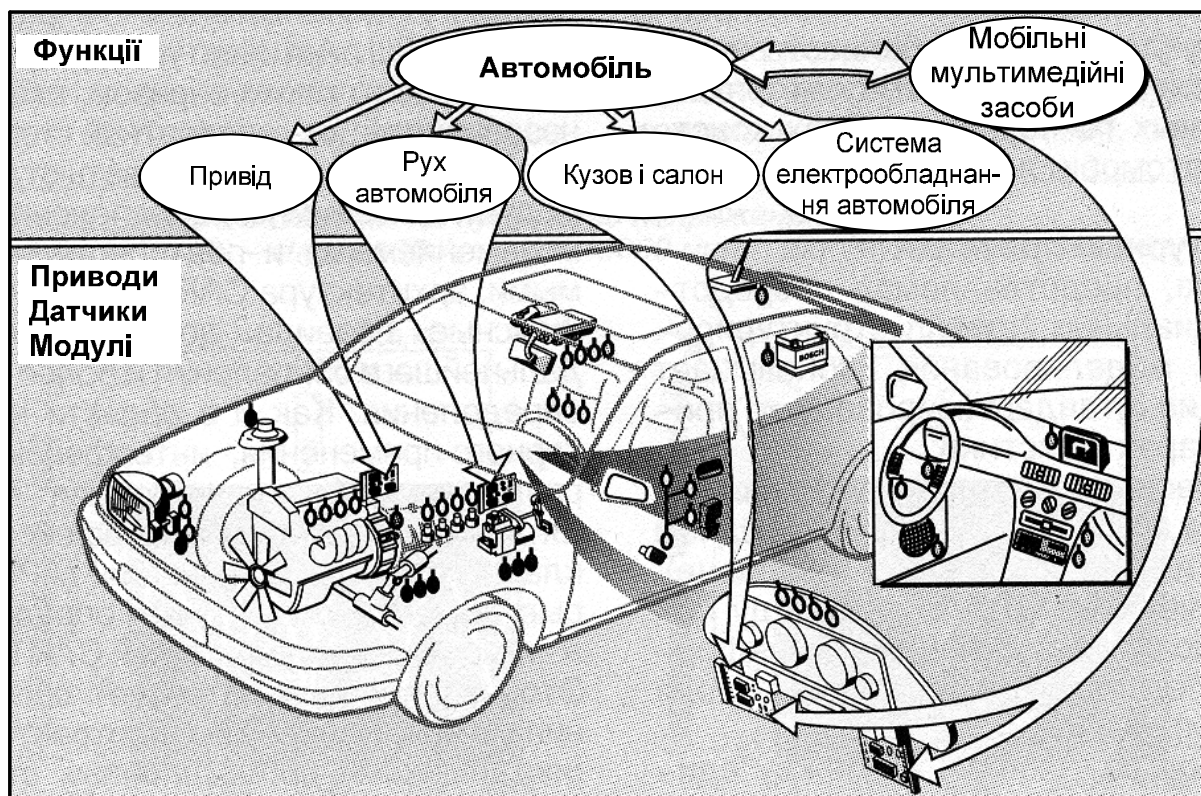


Рисунок 8.13 – Апаратна технологія системи CARTRONIC

Таким чином, в систему CARTRONIC закладається спосіб опису автомобіля як загальної системи. На цій основі виробники можуть здійснити взаємодію між випущеними підсистемами шляхом дотримання загальноприйнятих промислових стандартів та взаємозамінності використовуваних компонентів.

9 КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ В САЛОНІ

9.1 Мета та умови керування

Система керування кліматом в салоні автомобіля призначена для забезпечення:

- сприятливого клімату для всіх пасажирів;
- сприятливих умов, які забезпечують мінімальну напругу і втомлюваність водія;
- видалення твердих домішок із атмосфери (пил, пилок) і навіть запахів шляхом використання спеціальних фільтрів;
- достатньої видимості через всі вікна.

При певних значеннях температури і вологості навколишнього повітря людина відчуває себе комфортно. Самопочуття водія є важливим фактором, який визначає його готовність до керування автомобілем, а значить впливає на безпеку руху. Комфортна температура повітря в салоні автомобіля визначається температурою зовнішнього повітря та величиною повітрообміну в салоні (рис. 9.1). При високій вологості повітря ступінь некомфортності в салоні багатократно збільшується.

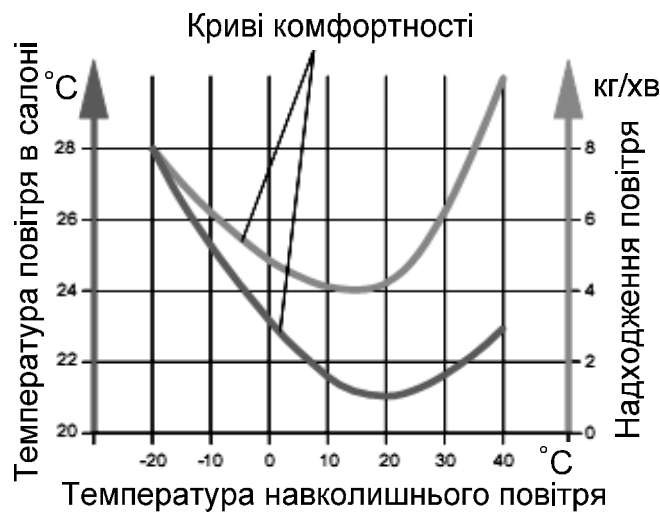


Рисунок 9.1 – Криві комфортності

Наукові дослідження, проведені Всесвітньою організацією охорони здоров'я, показали, що ступінь сконцентрованості водія і швидкодія реакцій людини при несприятливих навантаженнях на його організм суттєво знижуються. Жара є одним з так несприятливих навантажень.

Найбільш сприятлива температура для водія лежить в діапазоні від 20 до 22 °C. Це відповідає зоні кліматичного навантаження А (рис. 9.2). Інтенсивне сонячне випромінювання може підвищити цю температуру в салоні на 15 °C порівняно з температурою зовнішнього повітря – особливо на рівні голови, що небезпечно, оскільки при цьому підвищується температура тіла, збільшується пульс, росте виділення поту. Мозок

людини отримує надто мало кисню. Все це можна побачити в зоні В кліматичного навантаження людини. В зоні С для людини лежать перевантаження. Медичні працівники, які працюють в галузі дорожньої медицини, називають такий стан «кліматичним стресом».

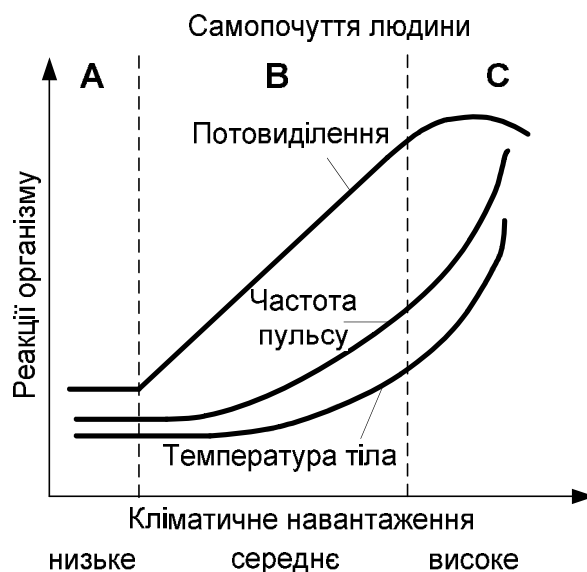


Рисунок 9.2 – Вплив кліматичних навантажень на самопочуття людини

Як показують дослідження, підвищення температури з 25 до 35 °С зменшує здатність адекватно оцінювати ситуацію і приймати правильні рішення на 20%. Це еквівалентно вмісту алкоголю в крові 0,5 проміле.

Щоб зменшити такі значні навантаження або навіть зовсім виключити їх, за допомогою кліматичної установки створюється в салоні автомобіля комфортна температура, а також очищується і висушується повітря. Це можливо як в нерухомому, так і в рухомому автомобілі.

Додаткове очищення повітря досягається застосуванням мікрофільтра і фільтра з активованим вугіллям. Це дозволяє позбавити водія і пасажирів від алергічних реакцій на різні домішки в повітрі.

Таким чином, кліматична установка в автомобілі це важливий компонент безпеки руху, важлива функціональна якість, а не тільки елемент престижу.

9.2 Основні компоненти системи клімат-контролю

Система керування мікрокліматом (рис. 9.3) складається з таких основних компонентів:

- холодильний контур, датчик тиску і температури холодоагенту, датчик температури повітря за випарником;
- опалювальний контур, насосно-клапанний блок, автономні теплообмінники (регульовані з боку подачі рідини), датчики температури в правому і в лівому теплообмінниках;

- повітророзподільні пристрої, кондиціонер;
- передній і задній пульти керування та індикації;
- електронний блок керування.

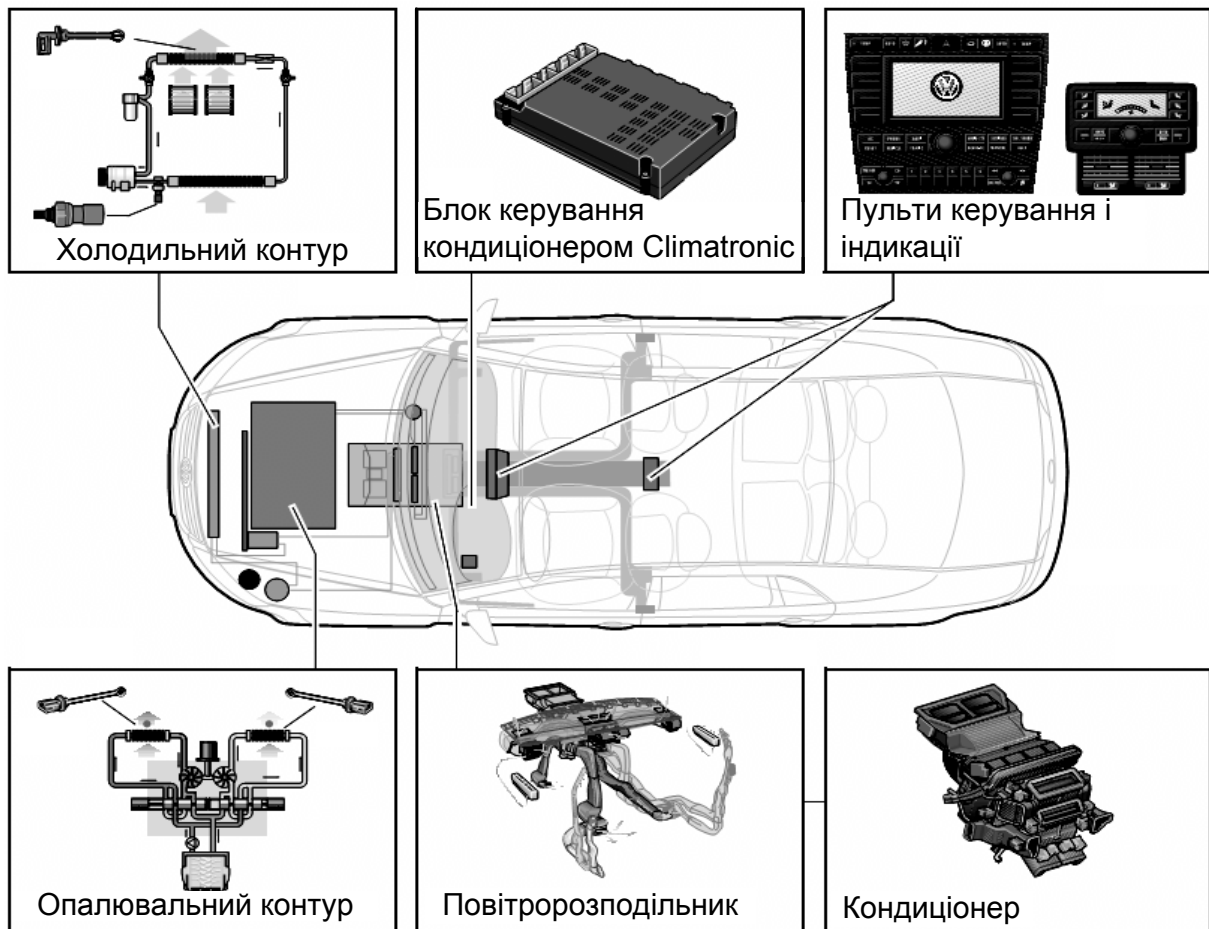


Рисунок 9.3 – Основні компоненти системи керування мікрокліматом

В холодильному контурі (рис. 9.4) тиск і температуру холодоагенту визначає один і той самий датчик 1. По двом сигналам цього датчика блок керування може визначити неявну втік холодоагенту. Датчик встановлюється з боку магістралі високого тиску.

До холодильного контуру відносяться такі елементи: дросель, компресор із зовнішнім регулюванням, конденсатор, випарник, збирач конденсату.

Температуру повітря за випарником визначає спеціальний датчик 2. За сигналом цього датчика функція охолодження повітря відключається, якщо температура падає до 0°C . Датчик і компресор підтримують температуру повітря за випарником в діапазоні регулювання, тобто в межах від 0 до 12°C . Це дозволяє знизити нагрівальну потужність теплообмінників. Через них повітря проходить минаючи випарник, щоб нагрітися до заданої температури. В результаті знижуються енергозатрати та зменшується витрата пального.

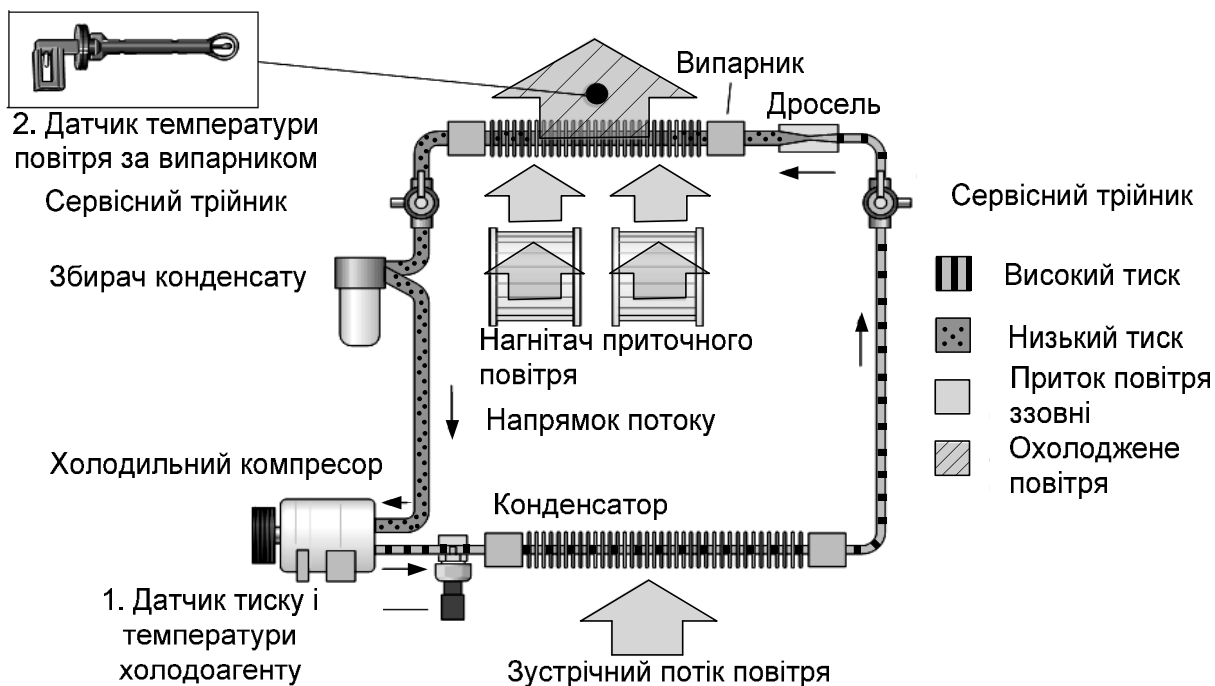


Рисунок 9.4 – Схема циркуляції холодоагенту в холодильному контурі

Опалювальний контур (рис. 9.5) утворюють два теплообмінники, насосно-клапанний блок і коло циркуляції рідини в системі охолодження двигуна.

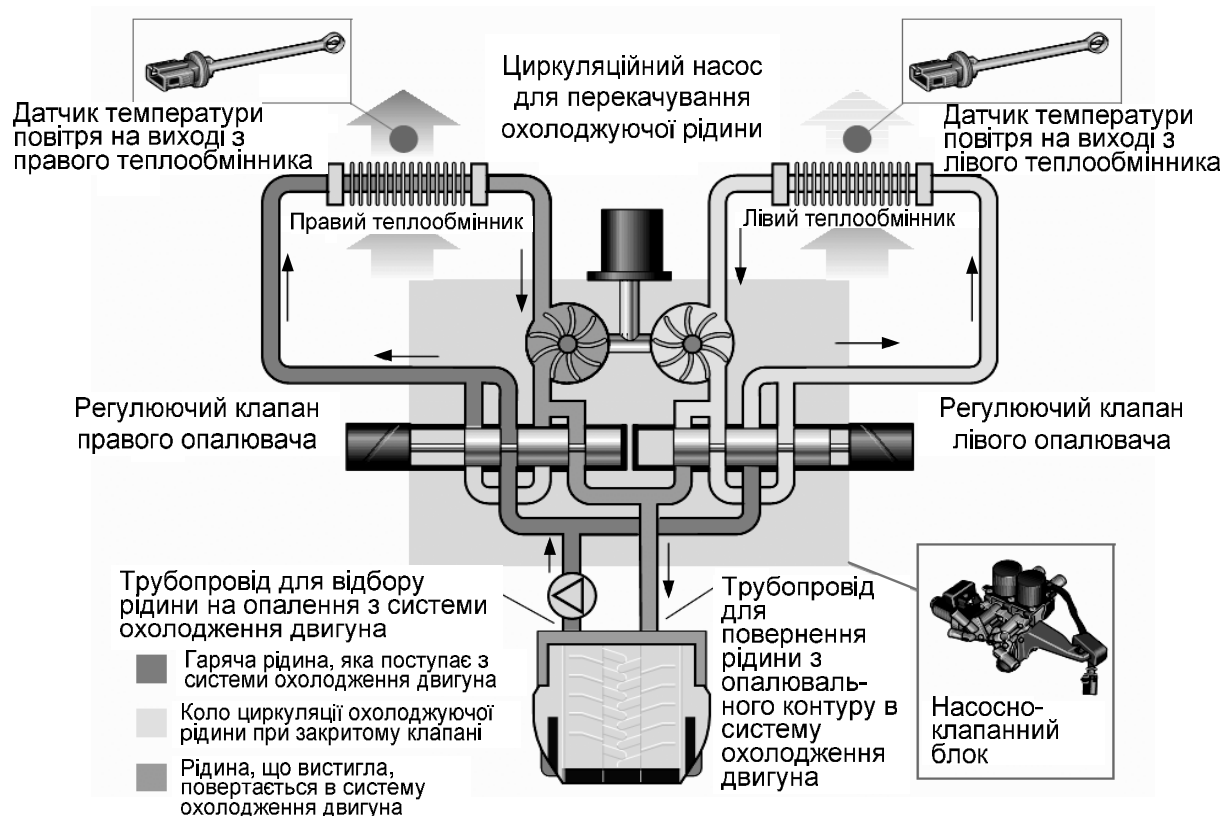


Рисунок 9.5 – Схема роботи опалювального контуру

Призначення опалювального контуру полягає у нагріванні до заданої температури повітря, охолодженого і осушеного у випарнику холодильного контуру. Ступінь нагрівання контролюють датчики температури повітря на виході із теплообмінника. Насосно-клапанний блок складається з двох тактових клапанів і циркуляційного насоса для перекачування охолоджуючої рідини. Насос являє собою дві крильчатки з приводом від загального електродвигуна.

Повітророзподільні пристрої з'єднані між собою повітроводами, які конструктивно оформлені як об'ємні пластмасові елементи різної конфігурації (рис. 9.6).

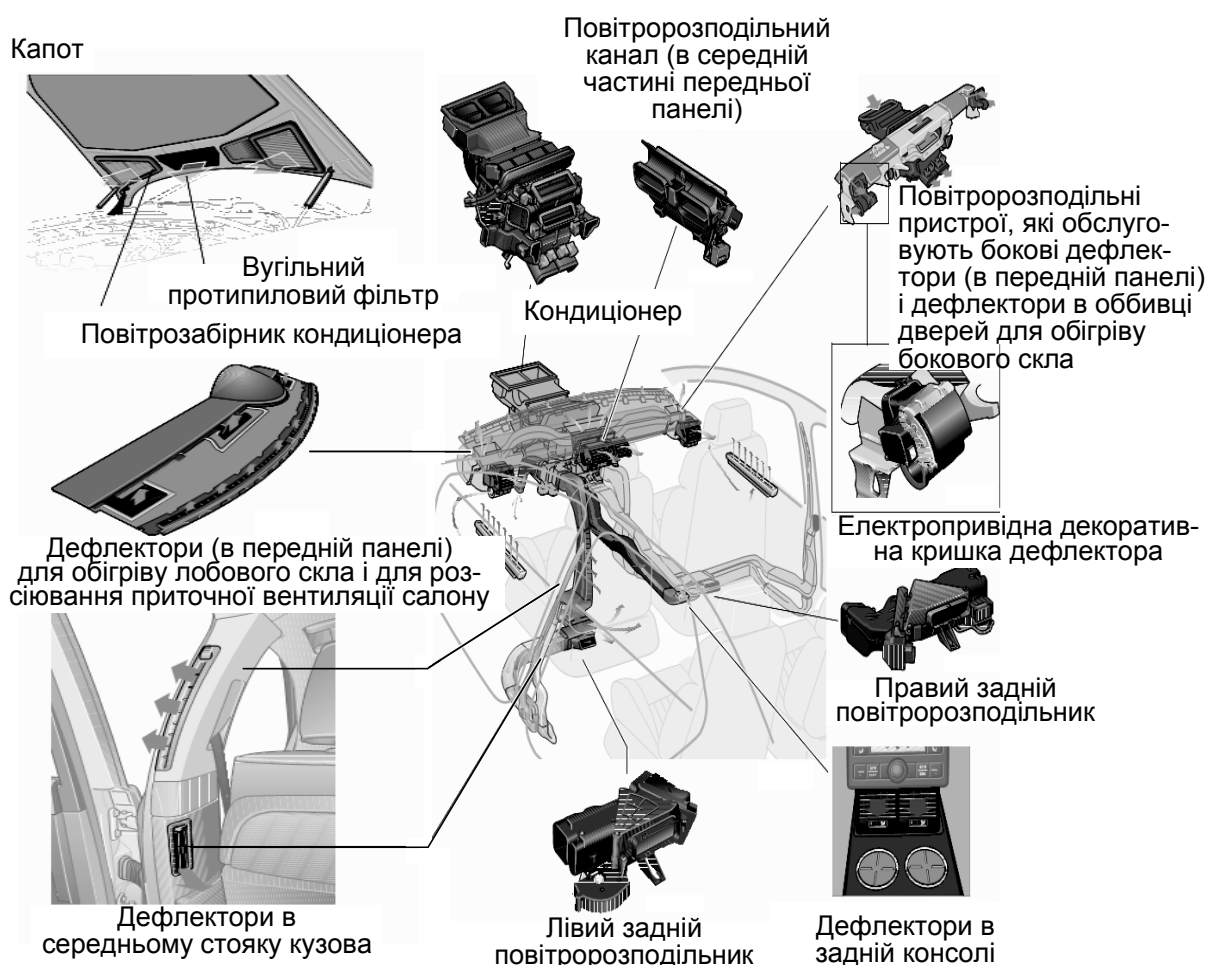


Рисунок 9.6 – Схема розташування повітророзподільних пристроїв

Повітряний потік, який поступає в середину автомобіля, проходить складний шлях від протипилового фільтра на вході до дефлекторів у салоні. Дефлектори на передній панелі закриті декоративними кришками з електроприводом.

Під дією розрідження, створюваного вентилятором, повітря проходить через протипиловий фільтр і поступає до випарника (рис. 9.7). За випарником повітряний потік, який іде через кондиціонер,

розгалужується перший раз. Основна частина проходить через теплообмінники, а решта – в обхід теплообмінників, до заслінок кондиціонера, які регулюють подачу холодного повітря. Конструктивна схема з двома паралельними теплообмінниками дозволяє подавати повітря розподіленими потоками в праву і ліву зони салону. Температуру повітря в кожному з цих двох потоків визначають головним чином налаштування, які задає водій і передній пасажир.

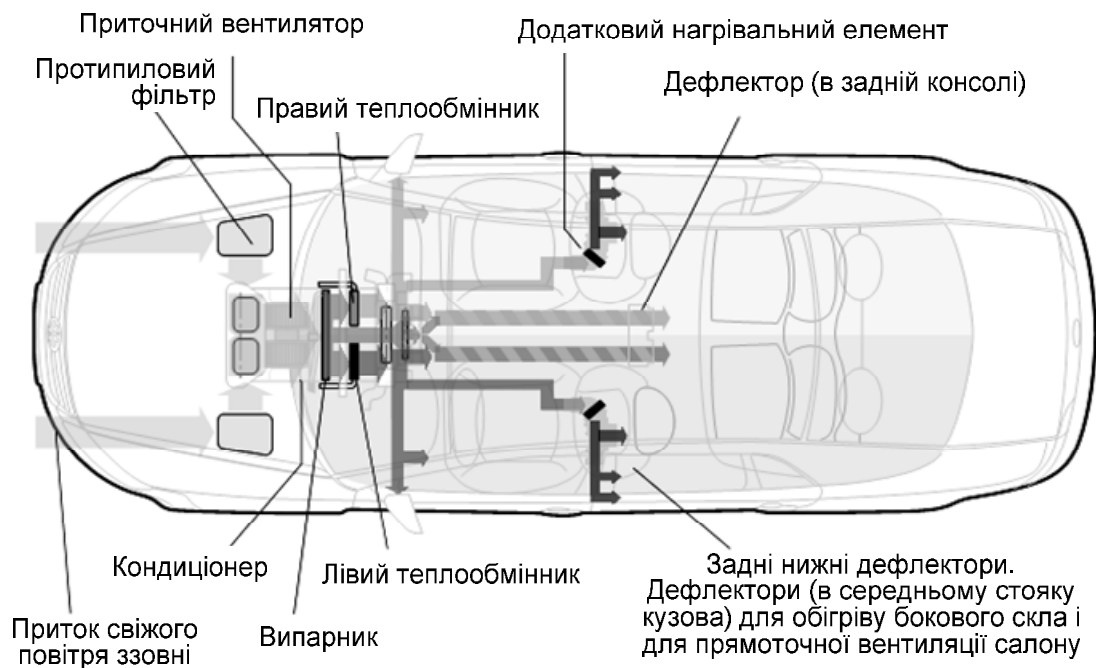
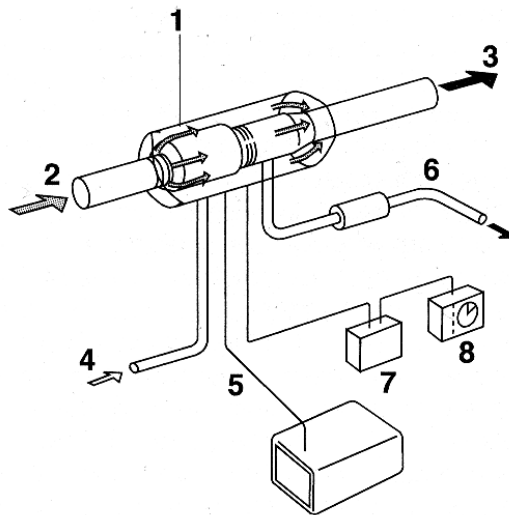


Рисунок 9.7 – Схема розподілення повітряних потоків в автомобілі

За теплообмінниками повітряні потоки розподіляються за допомогою заслінок з електроприводом і спрямовуються до дефлекторів в різних точках салону. При цьому повітря, яке поступає в салон через отвори в середніх стояках кузова і через задні нижні дефлектори, може попутно підігріватися додатковими нагрівальними елементами.

Паливо для додаткових обігрівачів (рис. 9.8), які виробляють тепло без допомоги роботи двигуна, поступає або зі стандартного бака автомобіля, або із спеціального бака для транспортних засобів великих розмірів. Електричний насос подає паливо до форсунки, яка впорскує розпилене паливо в камеру згоряння, де воно змішується з повітрям і згорає. Гарячі відпрацьовані гази потім спрямовуються до теплообмінника.

Теплообмінник може функціонувати одним з двох способів: або за допомогою безпосереднього підігріву повітря салону, або шляхом передачі тепла в систему охолодження двигуна. В останньому випадку циркуляція підтримується окремим електричним насосом, що дає можливість використання стандартного пристрою обігріву повітря в пасажирському салоні. Цей тип допоміжного підігріву охолоджувальної рідини двигуна також покращує характеристики запуску в зимовий період.



- 1 – повітрообігрівач з вентилятором, камерою згоряння і теплообмінником;
 2, 3 – впускний та випускний отвори для повітря; яке подається в салон автомобіля;
 4 – приток повітря в камеру згоряння; 5 – подача живлення; 6 – система випуску відпрацьованих газів; 7 – електронний блок керування (ЕБК); 8 – термостат і таймер для попереднього вибору тривалості включення

Рисунок 9.8 – Схема допоміжного повітрообігрівача незалежного від роботи двигуна

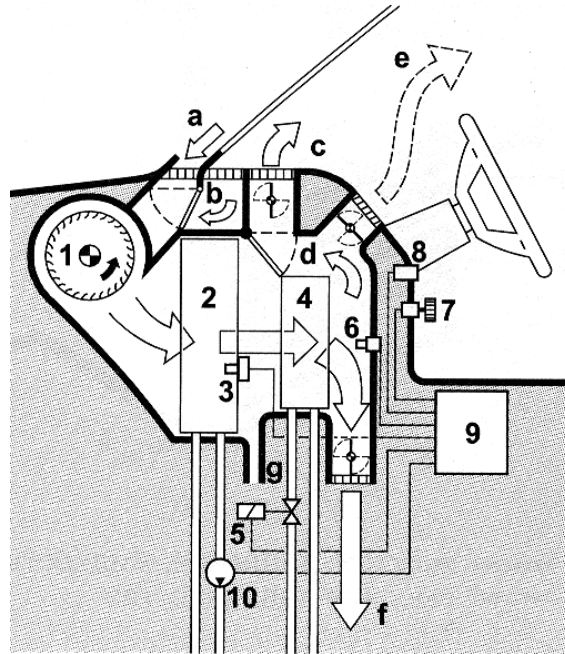
Один пристрій обігріву не здатний справлятися із завданням забезпечення сприятливої навколишньої обстановки. Коли зовнішня температура перевищує 20°C , повітря повинне охолоджуватись, щоб досягнути прийнятної температури в салоні. Для цього використовуються пристрої, які приводяться в дію компресором із холодоагентом (рис. 9.9). Насос, що приводиться в дію від двигуна, стискає пароподібний холодоагент, який потім подається насосом в конденсатор, де він охолоджується і перетворюється в рідкий стан, тут холодоагент віддає енергію, яку отримує в компресорі, і тепло, що поглинається у випарнику, в навколишнє середовище.

Редукційний клапан розбризкує охолоджену рідину, подаючи її у випарник (процес випаровування служить для поглинання тепла із потоку свіжого повітря).

За рахунок витягування вологи із охолодженого повітря у вигляді конденсату, вологість повітря зменшується до бажаного рівня. Випарники і конденсатори виконані у вигляді трубопластинчастих теплообмінників. Випарник розташовується перед радіатором обігрівача в потоці свіжого повітря і охолоджує повітря приблизно до $3-5^{\circ}\text{C}$. Осушене повітря повторно нагрівається радіатором обігрівача до необхідної температури.

Автоматичне керування особливо необхідне для автомобілів, оснащених одночасно кондиціонером і обігрівачем, оскільки постійний контроль і регулювання, потрібні для підтримки температури створюваного клімату, ускладнюють завдання водію автомобіля. У центрі системи знаходиться ланцюг контролю температури в салоні. Блок

керування безперервно контролює як попередньо задану температуру, так і усі зміни, які впливають на систему. Цю інформацію необхідно використовувати для визначення температури завчасно заданих точок, які порівнюються із дійсною температурою, а блок керування використовує різницю між двома величинами як основу для визначення необхідного рівня обігріву, охолодження і подачі повітря.



- 1 – вентилятор; 2 – випарник; 3 – датчик температури випарника; 4 – радіатор обігрівача; 5 – соленоїдний клапан; 6 – датчик температури повітря; 7 – регулятор керування вихідними величинами; 8 – датчик температури повітря в салоні; 9 – електронний блок керування (ЕБК); 10 – компресор; а – свіже повітря; б – рециркульоване повітря; с – відтаювання; d – байпас; e – вентиляція; f – підведення до ніг; g – дренажний канал конденсації

Рисунок 9.9 – Схема кондиціонера повітря з електронним керуванням

Іншою функцією керування є регулювання положення заслінок розподілення повітряного потоку відповідно до програми, яка обрана водієм автомобіля.

Величина температури повітря, яке подається, визначається за допомогою блока керування і досягається за рахунок регулювання подачі охолоджувальної рідини або повітря через радіатор опалювача.

Для регулювання величини повітряного потоку використовується плавний чи ступінчатий спосіб керування вентилятором. Умови роботи вентилятора пов'язані із збільшенням повітряного потоку, викликаного аеродинамічним тиском при високих швидкостях автомобіля. За допомогою спеціальної функції керування це можна компенсувати, реагуючи на підвищення швидкості автомобіля шляхом зменшення швидкості обертання вентилятора до нуля, а якщо потік буде і далі

зростати, то за допомогою обмежувальної заслінки для дроселювання потоку вхідного повітря.

Керування розподіленням повітря відповідно до трьох рівнів – дефлектор скла, верхня частина салону і зона ніг – можна здійснювати вручну з попереднім вибором або за програмою.

Звичайно за допомогою автоматичних кондиціонерів вирішують такі завдання залежно від умов усередині й поза автомобілем:

- регулювання температури повітря на випуску - зміною ступеня відкриття заслінки повітряного змішувача;
- регулювання інтенсивності потоку повітря - зміною частоти обертання вала двигуна вентилятора;
- керування впускним і випускним отворами - перемикання випускних отворів охолоджувача й нагрівача, перемикання надходження повітря з атмосфери або салону;
- керування компресором - ввімкнення й вимикання електромагнітної муфти компресора.

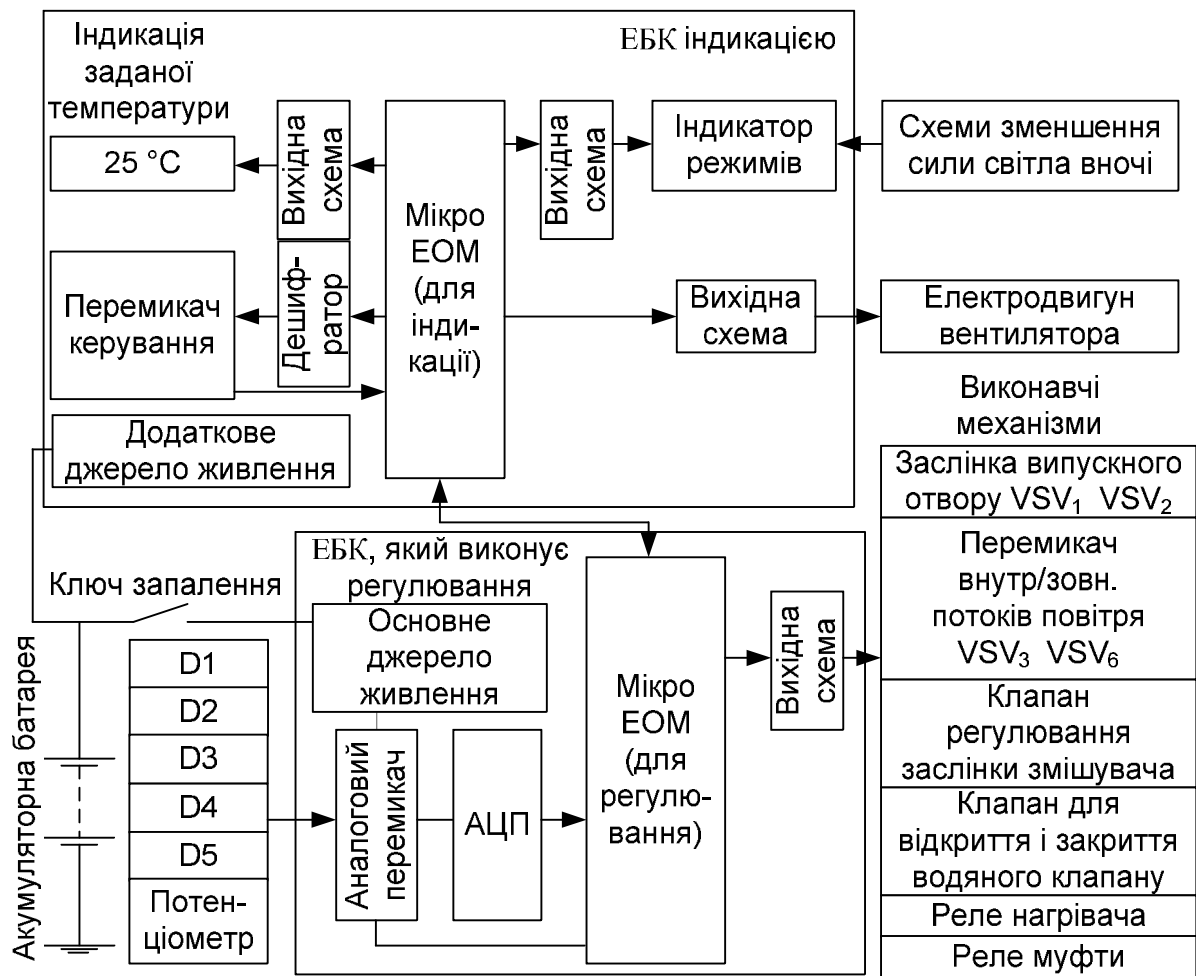
9.3 Особливості роботи електронного блока керування

Структура електронного блока керування подана на рис. 9.10. В системі використовуються ЕБК індикацією та ЕБК, що виконує регулювання. Обидва блоки виконані на основі однокристальних мікроЕОМ і забезпечують керування шляхом обміну між собою вихідними і вхідними сигналами. ЕБК індикацією обробляє вхідні сигнали від різних перемикачів заслінок і забезпечує індикацію заданої температури. ЕБК, що виконує регулювання, за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) перетворює аналогові сигнали різних датчиків температури, установлених усередині й зовні автомобіля, у цифрові сигнали, а також за допомогою мікроЕОМ обчислює необхідну температуру повітря на випуску та відповідно до умов усередині й зовні автомобіля виробляє сигнали для різних виконавчих механізмів.

Збільшена блок-схема алгоритму керування показана на рис. 9.11. Для підтримки певного теплового балансу в салон подається повітря. Щоб температура повітря в салоні дорівнювала заданій, мікроЕОМ обчислює температурну поправку.

Ступінь відкриття заслінки повітряного змішувача встановлюється відповідно до обчисленої температури повітря на випуску. Регулювання температури повітря (від холодного до теплого) забезпечується зміною складу суміші з охолодженого й нагрітого потоків повітря.

Положення заслінки повітряного змішувача плавно регулюється від повністю відкритого стану до повністю закритого мембраною сервомеханізму, що приводиться у дію розрідженням. Сервомеханізм пов'язаний з потенціометром, сигнал якого пропорційний ступеню відкриття заслінки. У результаті утворюється сигнал зворотного зв'язку, що дозволяє зробити близькими реальну й обчислену ступені відкриття заслінки.



D1 і D2 - датчики температури повітря відповідно в салоні й поза салоном; D3 - датчик інтенсивності сонячного випромінювання; D4 - датчик випарника; D5 - датчик температури охолоджувальної рідини

Рисунок 9.10 – Структура ЕБК автоматичного кондиціонера

Датчик інтенсивності сонячного випромінювання встановлюється над щитком приладів так, щоб він сприймав сонячні промені. За допомогою цього датчика визначається інтенсивність сонячного випромінювання та враховується зміна температури салону, викликана сонячними променями. Датчики можуть бути двох видів - з термістором і з фотодіодом. Фотодіод підбирається таким чином, щоб він не реагував на температуру навколишнього повітря, але мав високу чутливість до сонячних променів.

У кондиціонерах застосовують кілька датчиків внутрішньої та зовнішньої температури повітря, температури випарника, температури охолоджувальної рідини двигуна. У всіх датчиках використовуються термістори, причому термістори датчиків внутрішньої та зовнішньої температури і температури випарника мають однакові характеристики.

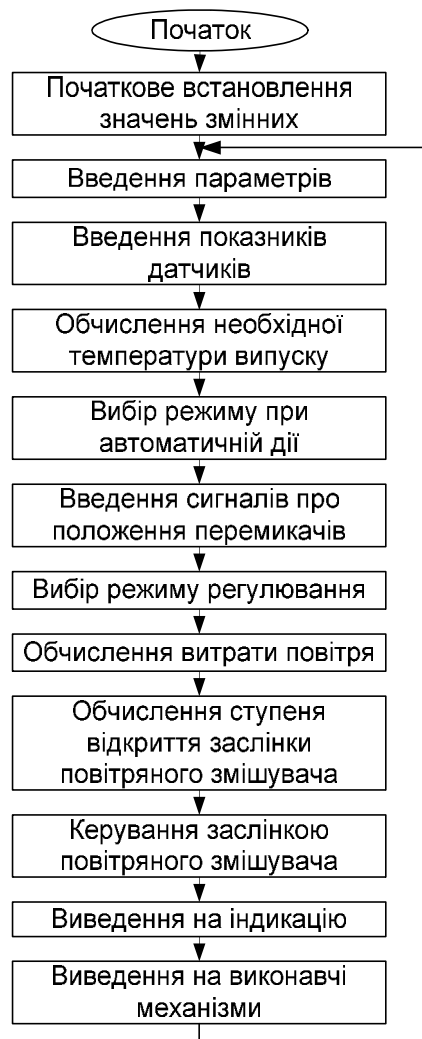


Рисунок 9.11 – Блок-схема алгоритму керування

Датчик температури повітря в салоні містить малогабаритний вентилятор, щоб, пропускаючи через себе повітря салону, показувати його середню температуру. Зовнішня частина датчика температури повітря поза салоном виготовляється зі смоли з високою теплоємністю, тому датчик не реагує на різкі зміни температури (наприклад, через надходження відпрацьованих газів від автомобіля, що йде спереду) і показує середню зовнішню температуру. Датчик випарника встановлюється на вихідному отворі випарника (у якому відбувається випарювання стислого холодоагенту) і показує температуру охолодженого повітря, тобто подає інформацію про максимально досяжний ступінь охолодження. Датчик температури охолоджувальної рідини розташований на виході із системи охолодження двигуна і показує її температуру. Він використовується для встановлення найбільшої охолоджувальної здатності та включення у разі необхідності схеми підігріву.

Сучасні засоби клімат-контролю дозволяють регулювати температуру від 18°C до 28°C та використовувати принцип чотиризонального регулювання (рис. 9.12).



Рисунок 9.12 – Приклад використання принципу чотиризонного регулювання

Пристрої, опис яких наведено вище, використовуються як для легкових, так і для вантажних автомобілів. Для автобусів необхідні складніші схеми, оскільки в них пасажирський салон поділяється на декілька контрольованих зон, в яких температура регулюється за допомогою електронно-керованих режимів роботи індивідуальних насосів подачі рідини.

10 ОХОРОННІ СИСТЕМИ

10.1 Способи реалізації електронного захисту автомобіля від угону

Електронні протиугінні системи (antitheft alarm) є стандартним обладнанням на більшості нових автомобілів і можуть встановлюватись на випущені раніше. Вони повинні бути ефективними, надійними, стійкими до зовнішніх впливів та мати тривалий строк служби. Їх встановлення не повинно погіршувати безпеку автомобіля.

Протиугінні системи реалізують захист автомобіля на трьох рівнях.

1. Захист по периметру. Система периметричного захисту використовує мікровимикачі для контролю за відкриванням дверей, капота чи багажника автомобіля. При несанкціонованому їх відкритті вмикається звуковий і світловий сигнали. Інколи система доповнюється датчиками, здатними розрізняти рухи тіла.

2. Захист по об'єму. Система за допомогою інфрачервоних, ультразвукових або мікрохвильових датчиків виявляє несанкціонований рух в салоні автомобіля. Ультразвукові датчики використовують ефект Доплера, коли будь-який рух в салоні змінює частоту сигналу ультразвукового випромінювача (40 кГц), який приймається приймачем. Мікрохвильова радіосистема працює за тим же принципом, але радіосигнал випромінюється на частоті 10 ГГц. Мікрохвильові датчики рідше помилково реагують на рух повітря і часто встановлюються в кабріолетах. Інфрачервоні датчики являють собою пару приймач-випромінювач і монтуються на стелі салону. Вони створюють невидиму інфрачервону завісу до підлоги салону. Приймач постійно контролює відбитий сигнал і при його зміні вмикається сигнал тривоги.

3. Імобілізація двигуна здійснюється спеціальним ЕБК, який забороняє запуск двигуна при отриманні сигналу тривоги. Це можна здійснити двома способами:

- апаратною імобілізацією, при якій деякі електричні ланцюги системи пуску двигуна розриваються спеціальними реле або напівпровідниковими перемикачами. Ефективність апаратних систем імобілізації дуже залежить від скритності розміщення реле і немаркованих проводів у джгуті. Скритність потрібна щоб унеможливити шунтування створених цими пристроями розривів в ланцюзі;

- програмною імобілізацією, коли за командою протиугінної системи ЕБК двигуна забороняє його запуск, наприклад, робить недоступними калібрувальні діаграми подачі палива і запалювання. Після цього двигун хоч і буде повертатись стартером, але не запуститься. Такі системи дуже ефективні, потрібно тільки усунути можливість запуску шляхом заміни ЕБК двигуна на інший роботоздатний блок.

Склад протиугінних пристроїв, які входять в стандартну комплектацію, залежить від моделі автомобіля. У всіх випадках автомобіль комплектується засобами периметричного захисту, багато протиугінних систем включають імобілайзер і захист по об'єму (рис. 10.1). Звичайно

протиугінна система вмикається і вимикається ключем замка дверей або з дистанційного пульта, який керує також і центральним замком. Світлодіодний індикатор при ввімкненні протиугінної системи починає блискати, інформуючи про роботу системи.

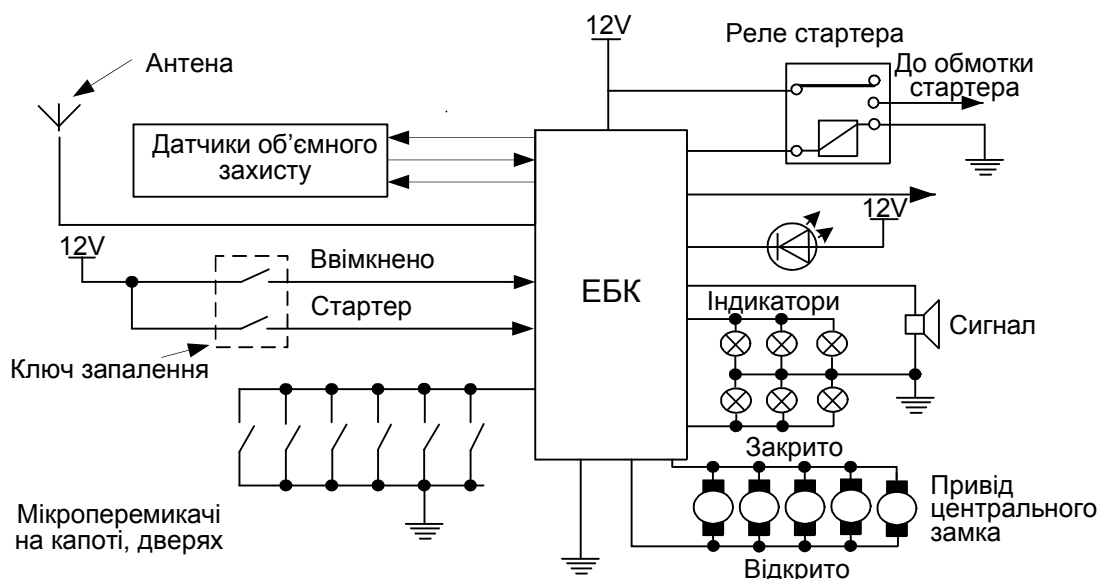


Рисунок 10.1 – Блок-схема базової протиугінної системи

В робочому режимі протиугінна система може реагувати на такі дії:

- відкриття капоту, дверей чи багажника;
- спроба відкрити дверний замок;
- спроба ввімкнути замок запалювання;
- спроба ввімкнути стартер;
- пересування, рух в салоні автомобіля (об'ємний захист).

Коли протиугінна система зафіксує спробу несанкціонованого доступу до автомобіля, на 30 секунд вмикається звуковий сигнал і підсвічування фарами, іммобілайзер вносить розриви в ланцюгу керування запуском і забороняє користування калібрувальними діаграмами електронного запалювання і впорскування палива, після чого робота двигуна стає неможливою.

Для вимкнення протиугінної системи і відкривання дверей з дистанційного пульта потрібно надіслати відповідний код.

10.2 Класифікація автомобільних охоронних систем

На даний час відсутня єдина класифікація для усіх типів охоронних систем. Спеціалісти класифікують їх за співвідношенням охоронних і сервісних функцій. Зокрема розрізняють три основних класи.

1. Системи класу «Стандарт» забезпечують такі охоронні функції:

- дистанційне керування радіобрелоком (один канал керування, декілька десятків тисяч кодів);
- охорона дверей, капота, багажника за допомогою кнопочних вимикачів;

- захист від ударів;
- режим «Паніка»;
- блокування двигуна по одному ланцюгу (ланцюг запалювання або живлення стартера);
- світлова і звукова сигналізація (в режимі тривоги);
- антисканерний захист.

Стандартними сервісними функціями є такі:

- світлове і звукове підтвердження поставлення і зняття режиму охорони;
- світлодіодна індикація режимів роботи;
- світлова і (або) звукова індикація факту спрацьовування сигналізації;
- службовий режим з відключеними охоронними функціями.

2. Системи класу «Екстра» забезпечують такі охоронні функції:

- дистанційне керування з кількістю кодових комбінацій від сотень до тисяч і вище;
- захист об'єму салону;
- блокування двигуна, яке зберігається навіть при демонтажі системи;
- автоматичне повернення в режим охорони, яке забезпечує захист від випадкового вимкнення системи (повернення режиму охорони через 15-30 с);
- пасивне ввімкнення охорони (автоматичне ввімкнення режиму охорони через 15-30 с після закриття останньої дверці);
- захист від угону, який дозволяє дистанційно зупинити автомобіль і заглушити двигун (функція Anti-Hi-Jack);
- роздільний захист дверей, капота і багажника автомобіля;
- захист від ударів;
- розгалужена діагностика системи, яка дозволяє визначити несправний датчик і завчасно прийняти відповідні заходи.

Стандартними сервісними функціями є такі:

- дистанційне керування (2-4 канали керування) основним чи додатковим датчиком, регулюванням чутливості датчиків, замком багажника, склопідіймачами;
- керування замками дверей;
- відключення несправного чи того, що постійно спрацьовує, датчика з повідомленням про це власнику;
- індикація причин спрацьовування сигналізації, завдяки якій власник знає про спробу вторгнення в автомобіль, про помилкову тривогу та її причини;
- освітлення салону при вимкненні сигналізації;
- керування двома і більше автомобілями;
- пошук автомобіля в темну пору доби (ввімкнення габаритних вогнів);
- службовий режим з відключеними охоронними функціями і з можливістю дистанційного керування замками дверей;
- безшумне ввімкнення/вимкнення сигналізації (без звукового підтвердження);
- програмування функцій дистанційного брелока-передатчика (запис кодів нових брелоків);

- програмування керованих налаштувань сигналізації (зміна функцій вбудованими перемикачами типу DIP).

3. Системи класу «Супер» забезпечують такі охоронні функції:

- дистанційне керування з динамічним кодом, завдяки якому усі спроби запам'ятати його або розшифрувати за допомогою сканера чи іншого електронного пристрою стають безрезультатними;
- резервне джерело живлення блока керування системою;
- використання не менше трьох ланцюгів блокування двигуна: блокування запалювання, стартера і системи подачі палива;
- досконала автоматична система захисту від нападу – активного, пасивного чи комбінованого типу, яка потребує від водія мінімальних керованих впливів.

Стандартними сервісними функціями є такі:

- розвинене дистанційне керування (2-4 канали керування) основними і додатковими датчиками, плавним регулюванням чутливості датчиків, замком багажника, склопідіймачами і т.п.;
- дистанційне програмування деяких функцій;
- дистанційне ввімкнення/вимкнення службового режиму;
- контроль і усунення помилкового спрацьовування сигналізації.

Належність системи до певного класу встановлюють спеціалісти із охоронних систем, виходячи із усієї сукупності функцій. При цьому системі може присвоюватись два класи: один – за рівнем охоронних функцій, а інший – за рівнем сервісних функцій.

10.3 Датчики охоронних систем

Автомобільні охоронні системи використовують велику кількість датчиків від найпростіших (контактних) до складних інтелектуальних пристроїв (об'ємні датчики). Розглянемо їх докладніше.

Контактні датчики (contact sensor) призначені для захисту дверей, капота і багажника автомобіля. Як такі датчики звичайно використовують штатні кнопкові вимикачі.

Датчики битого скла (beaten glass sensor) реагують на характерний звук розбитого скла. Це датчики мікрофонного типу, які можуть бути однорівневими чи дворівневими. Спрацьовування такого датчика значно залежить від типу скла, його товщини і розташування мікрофона. Однорівневий датчик реагує на звук розбитого скла, дворівневий – реєструє звук удару і дзвін розбитого скла і спрацьовує при реєстрації цих двох сигналів з інтервалом не більше 150 мс.

Датчик удару або вібрації (shock sensor) являє собою пристрій, який реєструє вібрацію і удари по корпусу автомобіля. Якщо амплітуда перевищує задану величину, то спрацьовує сигналізація. Датчик працює на основі п'єзоефекту або електромагнітної індукції, коли постійний магніт пересувається вздовж обмотки котушки і тим самим наводить в ній змінний струм. До даного класу відноситься і лазерний датчик, принцип роботи якого полягає у зміщенні чутливого елемента фотоприймача відносно вузького променя напівпровідникового світлодіода при вібраціях

і ударах по кузову автомобіля. Датчик удару має високий рівень помилкових спрацьовувань через зовнішні перешкоди та низьку чутливість до плавних покачувань. В охоронних системах високого класу він має органи регулювання чутливості, дворівневий поріг спрацьовування і можливість дистанційного програмування.

Датчик нахилу (gradient sensor) складається з двох магнітів і котушки. Один магніт закріплений нерухомо в основі котушки, а інший – підвішаний в магнітному полі першого. При нахилі корпусу датчика другий магніт зміщується відносно першого, що призводить до зміни магнітного поля, в якому знаходиться котушка. В обмотці котушки наводиться електрорушійна сила, яка підсилюється і є інформаційним сигналом датчика. Цей датчик в основному використовується на мотоциклах.

Датчик спаду напруги (falling voltage sensor) в режимі охорони контролює напругу бортової мережі автомобіля. При виникненні значних коливань напруги (наприклад, при відкриванні дверей) датчик видає відповідний сигнал в блок керування охоронної системи. Цей датчик вбудовується в центральний блок і входить у склад базової комплектації охоронних систем.

Датчик струму (current sensor) працює аналогічно датчику спаду напруги, але в режимі охорони він реєструє коливання струму, яке виникає при підключенні додаткового навантаження до джерела живлення. Цей датчик повинен мати дуже високу чутливість до малих коливань струму, тому в охоронних системах використовується достатньо рідко.

Датчик обриву живлення (breaking supply sensor) спрацьовує при обриві ланцюга живлення (від'єднанні клем акумулятора) і видає сигналізацію при наявності автономного джерела живлення.

Датчик руху (proximity sensor) спрацьовує при попаданні об'єкта, який випромінює тепло (людини), в зону охорони датчика. Датчик має зону чутливості 90° - 110° і є стійким до помилкових спрацьовувань завдяки складній цифровій обробці сигналів та наявності вбудованого процесора.

Ультразвуковий датчик (ultrasonic sensor) призначений для виявлення пересувань в салоні автомобіля. Його дія ґрунтується на інтерференції ультразвукових коливань. В склад датчика входять випромінювач на ультразвуковій частоті і приймач, які рознесені в салоні автомобіля. При проникненні якогось об'єкта в салон стійкість інтерференційної картини біля приймача порушується і формується сигнал тривоги. Основним недоліком цього датчика є помилкове спрацьовування при виникненні конвекційних потоків повітря в системі опалення автомобіля.

Мікрохвильовий датчик (microwave sensor) призначений для виявлення руху всередині салону та поблизу автомобіля. Тому його ще називають двозонним датчиком. Перша зона охорони знаходиться за межами автомобіля, а друга – в салоні. Принцип дії оснований на реєстрації змін інтерференційної картини радіохвиль сантиметрового діапазону (прозорого для скла автомобіля), яка формується передавачем.

Пристрій потребує точних регулювань чутливості в першій зоні з метою мінімізації помилкових спрацьовувань.

Інфрачервоний датчик (infrasonic sensor) оберігає тільки салон автомобіля. Його дія основана на реєстрації інтерференційної картини хвиль інфрачервоного діапазону. Цей датчик здатний контролювати закриті приміщення великого об'єму, тому рекомендується для встановлення в салонах мікроавтобусів, фургонів і т.п. Основний недолік – великий струм споживання порівняно з іншими об'ємними датчиками.

Датчик зміни об'єму (volume changing sensor) призначений для реєстрації зміни тиску в салоні автомобіля, яка виникає, наприклад, при відкриванні дверей чи скла автомобіля. Цей датчик має дуже високу чутливість і в зв'язку з цим можливі його помилкові спрацьовування, особливо при охолодженні салону автомобіля в зимовий період. В автомобільних охоронних системах використовується дуже рідко.

10.4 Імобілайзери

Імобілайзер (immobilizer) – це протиугінний пристрій, який забороняє запуск двигуна при отриманні сигналу тривоги шляхом використання апаратних чи програмних засобів.

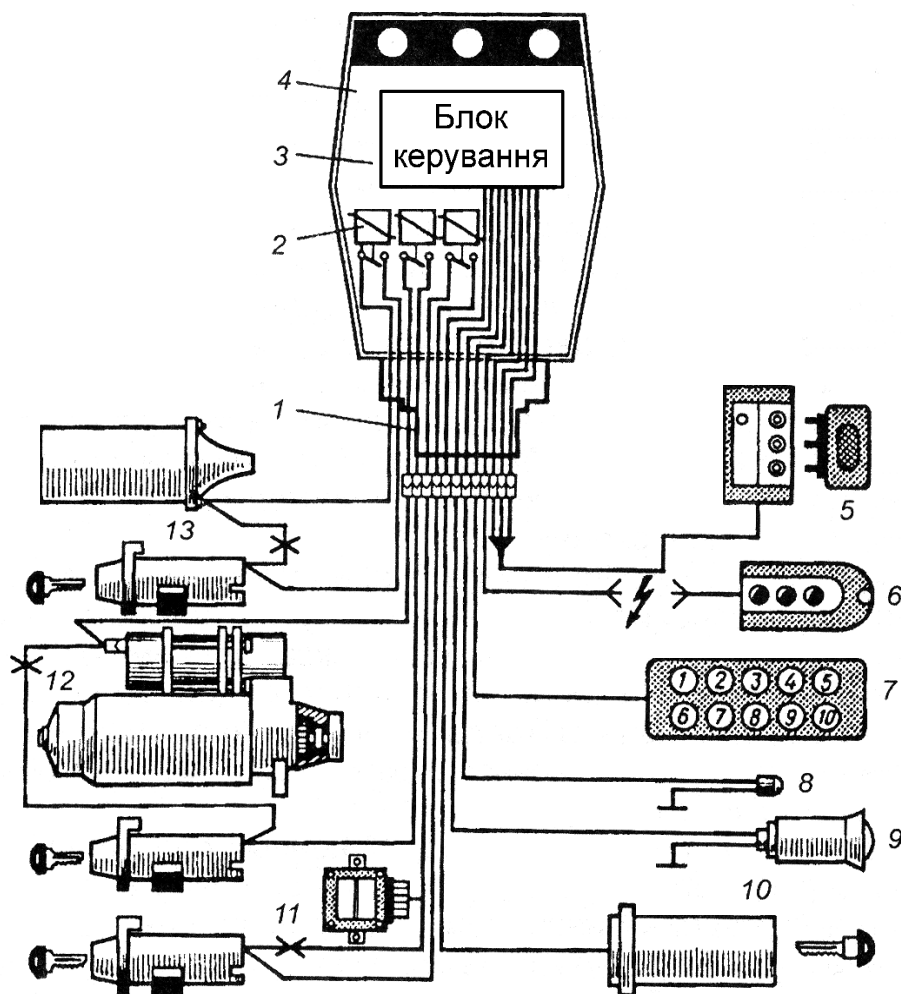
Залежно від моделі в схемі імобілайзера є 2-6 електромагнітних реле (рис. 10.2). Кожне обслуговує окремий канал переривання. Реле виконують функцію «секретних» тумблерів, тобто замикають і розмикають ті або інші електрокола. Звичайно в автомобілі блокують стартер, апаратуру керування впорскуванням палива, електромеханічні бензонасоси, котушки в контактних системах запалювання і комутатори в електронних системах запалювання, бортові комп'ютери й т.д.

Блок керування являє собою плату з електронними мікросхемами. Він включає-виключає реле, формує команди сигнальним пристроям і приймає коди від системи керування. Його ретельно ховають, а корпус виконують нерозбірним з удароміцного пластику. В кращих моделях електроніку впаковують у герметичну сталеву капсулу і заливають спеціальною гумою. Таке виконання оболонки імобілайзера називають броньованим. Якщо зловмисникові повезе й він все-таки відшукає блок керування, то добратися до начинки йому буде дуже важко.

Ще складніше визначити, що ж в автомобілі заблоковано. Всі силові проводи, підведені до переривальних реле одного кольору. Маркують тільки хвостики їх обплетення, які при встановленні на автомобіль зачищає монтажник. Відновити розімкнутий ланцюг злодій не зможе, та й обрізати проводи імобілайзера безглуздо - двигун однаково не буде працювати. Варто віддавати перевагу тим системам, у яких силові проводи йдуть усередину корпусу.

Всі імобілайзери переходять у режим захисту від викрадення автоматично, через кілька секунд після того, як буде виключене запалювання, а от конструкції систем керування для зняття комплексів з охорони фірми-виготовлювачі використовують різні.

Кнопковий пульт звичайно розташовують у салоні на видному місці. Користуватися ним просто, водій сідає в автомобіль і набирає пальцем потрібну комбінацію цифр. Переваги методу такі. Існують два коди - «користувач» і «майстер». Якщо на автомобілі їздять кілька людей, то хазяїн повідомляє їм комбінацію коду «користувач», який здатний тільки розблокувати двигун. Код «майстер» відомий лише самому власникові. З його допомогою можна зовсім відключити іммобілайзер або, увійшовши в режим програмування, змінити комбінацію «користувач». Недолік пульта: набір цифр іноді забирає занадто багато часу, що може викликати невдоволення навколишніх. Наприклад, при від'їзді від бензоколонки.



1 – роз’єм; 2 – переривальне реле; 3 - блок керування; 4 - корпус; 5 - електронний ключ; 6 - радіобрелок; 7 - кодовий пульт; 8 - сигнальний світодіод; 9 - додаткова сирена; 10 - керуючий вихід на електронну сигналізацію; 11, 12 й 13 - переривання відповідно для комутатора, стартера й котушки запалювання

Рисунок 10.2 – Функціональна схема іммобілайзера

Радіобрелок такий же, як і у звичайних сигналізаціях, значно зручніший, ніж кнопковий пульт. Він дозволяє легко управляти охоронним комплексом навіть на значному віддаленні від автомобіля. Однак радіокод

можна перехопити, записати і відтворити. Системи з дистанційним керуванням дорожчі. Крім того, необхідно періодично замінювати батарейку в брелоку, а це додаткові витрати. Якщо на автомобілі, крім іммобілайзера, змонтована сигналізація, то на в'язці ключів з'явиться відразу два брелоки, що ускладнить зняття з охорони.

У ряді іммобілайзерів передбачений спеціальний вихід для підключення до традиційної автосигналізації у випадку спільної роботи. Тоді обидва комплекси приймають команди з пульта дистанційного керування сигналізацією. Таке рішення, звичайно, спрощує життя власникові, але для надійного захисту від викрадення все-таки краще, щоб основна охоронна система та іммобілайзер відключалися незалежно один від одного.

Оптимальний і найпоширеніший спосіб керування іммобілайзером - електронний ключ. Його вставляють у спеціальне гніздо, змонтоване біля панелі приладів, процесор зчитує код, «зашитий» в електронних схемах ключа, і формує команду керування. Контактний метод хороший тим, що виключає можливість перехоплення шифру. Підробити електронний ключ практично неможливо: сучасні мікросхеми дозволяють закодувати мільйони варіантів комбінацій. Ще одна позитивна якість ключів у тому, що вони не містять батарейок, майже не зношуються, стійкі до впливу вологи, їх важко зруйнувати механічно, наприклад, при падінні, при випадкових ударах. Неодмінний атрибут будь-якого іммобілайзера - сигнальний світлодіод. Власник з його допомогою довідається, у якому стані перебуває система в цей момент часу, а злодіє, побачивши миготіння світлодіода, зрозуміє, що автомобіль під охороною. На додаток до світлової індикації деякі фірми формують свої вироби автономними сиренами. На відміну від подібних пристроїв у сигналізаціях вони мовчать при поривах вітру, ударах по кузову, проникненнях у салон. Але варто злодієві включити запалювання, як сирена іммобілайзера порушить тишу голосним завиванням.

10.5 Робота охоронної системи з дистанційним керуванням

Система дистанційного керування дозволяє керувати протиугінним пристроєм і центральним замком на деякій відстані. Вона складається з портативного передавача, що носить водій, і приймача, підключеного до ЕБК охоронної системи і центрального замка. Система вмикається і вимикається передавачем шляхом надсилання відповідного цифрового коду. Код передається послідовно, використовуючи інфрачервоне випромінювання або радіосигнал в УКХ-діапазоні. Системи, які використовують інфрачервоне випромінювання, мають малий радіус дії, потребують точного наведення променя передавача, але не створюють електромагнітних перешкод. УКХ-системи мають більший радіус дії, але сигнал може бути перехопленим і декодованим за допомогою відповідної електронної апаратури.

На рис. 10.3 і 10.4 схематично зображено алгоритми роботи передавача і приймача. При натисненні кнопки брелока (передатчика)

(sender) його мікросхема із режиму очікування переходить в робочий режим. Запускається 16-розрядний синхронізуючий лічильник. Генератор динамічного коду виробляє за певним алгоритмом динамічний код (28-32 біт) в функції від значення секретного ключа (статичний код) і стану синхронізуючого лічильника. Динамічний код (dynamic code), заводський номер брелока і код натиснутої клавіші утворюють керуюче слово довжиною 60-70 біт, яке передається приймачу по радіоканалу чи іншим способом. Якщо брелок зареєстрований в даному приймачі, тобто його ідентифікаційний номер, секретний код, стан синхронізуючого лічильника є в постійному запам'ятовуючому пристрої (ПЗП) приймача, прийнята інформація ідентифікується за номером брелока і обробляється. Запускається синхронізуючий лічильник приймача і виробляється динамічний код в генераторі приймача. Якщо динамічні коди приймача і передавача збігаються, то відбувається виконання переданої команди.

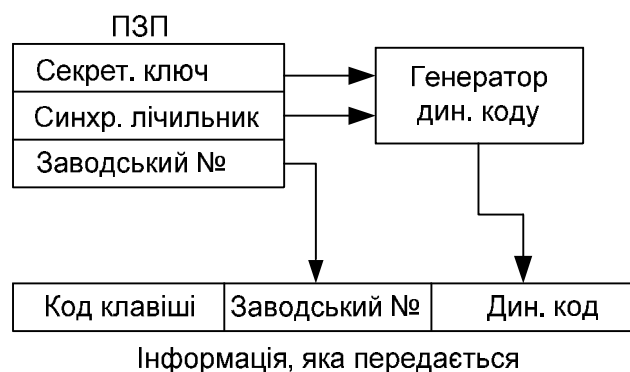


Рисунок 10.3 – Алгоритм роботи передавача

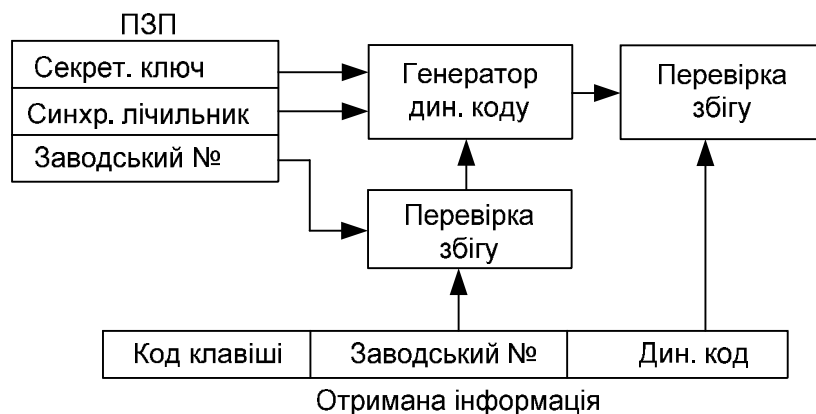


Рисунок 10.4 – Алгоритм роботи приймача

Заводський номер передавача і секретний ключ – статичні коди. Генератор динамічного коду разом з 16-розрядним синхронізуючим лічильником, виробляє 65535 різних значень коду, які змінюються в кожному посиланні. Якщо користуватись брелоком по 50 раз в день, повторення коду відбудеться через 1310 діб.

Системи дистанційного керування на основі динамічного коду є криптографічними. Захист автомобіля залежить від кодової довжини

секретного ключа, тобто від числа його можливих станів. Для автомобільних систем вважається задовільним, якщо час розкриття коду T_P методом сканування (перебору можливих комбінацій) перевищує 32 доби. В такому випадку:

$$T_P = \frac{1}{D} C(T_A - T_B),$$

де D - число зареєстрованих брелоків;

C - число значень секретного ключа;

T_A - час активації системи;

T_B - час, на який відключається система після отримання неправильного динамічного коду і розпізнання спроби розкриття дійсного його значення.

10.6 Пристрої розкриття кодів сигналізації

Можливі варіанти зламування системи дистанційного керування:

1. Підбір коду за допомогою сканера.
2. Відтворення раніше записаного коду з використанням граббера.
3. Криптоаналіз.
4. Зламування під час обслуговування.

Перші системи дистанційного керування передавали фіксований або змінний код із невеликого фіксованого набору. Викрадач з портативним комп'ютером і прийомопередатчиком (граббером) записував сигнал з брелока автовласника, а потім в слушний момент відтворював його і відключав сигналізацію. При використанні сканера передатчик викрадача посиляє кодові комбінації, змінюючи при кожному новому посиленні код на одиницю до тих пір, поки наступна послідовність не збіжиться з шуканою. Для перебору кодів необхідний час, величина якого залежить від можливого числа комбінацій і тривалості передавання команди керування (в сучасних системах вона складає 40 мс). Таким чином, для перебирання 1 млн. комбінацій знадобиться 10 годин.

Застосування динамічного коду (dynamic (random) code, hopping, jumping, rolling), тобто збільшення числа можливих комбінацій, унеможливило використання сканерів. Сучасні сигналізації мають мільярди кодових комбінацій і більше 10^{18} комбінацій кодових сигналів. З іншого боку, з'явилися інтелектуальні граббери, які зламують протиугінні системи з динамічним кодом і одностороннім передаванням інформації. Вони працюють так. Перша послілка з брелока записується граббером з одночасною генерацією перешкоди, яка блокує приймач. Не отримавши підтвердження про включення протиугінної системи, власник повторно натискає кнопку брелока. Граббер записує другу послілку, блокує її приймання приймачем, а потім посиляє першу послілку. Протиугінна система вмикається. В потрібний час викрадач її відключить записаною граббером другою послілкою. Можливим методом боротьби проти цього алгоритму роботи граббера є використання двонаправленого передавання

інформації в системі дистанційного керування. Але і в цьому випадку систему можна зламати засобами криптоаналізу.

В сучасних протиугінних системах часто застосовують спеціалізовані мікросхеми фірми Microchip, які реалізують алгоритм генерації псевдовипадкової послідовності (динамічного коду) Keeloq з довжиною ключа 64 біт. Оцінка середнього часу для апаратного розкриття коду шляхом перебору комбінацій в залежності від затрат на обладнання і довжини ключа подана в табл. 10.1 [7].

Таблиця 10.1 – Результати прогнозування трудомісткості злому протиугінних систем з алгоритмом генерації псевдовипадкової послідовності

Вартість обладнання	Довжина ключа, біт		
	56	64	80
100000\$	35 годин	1 рік	70000 років
1000000\$	3,5 години	37 діб	7000 років
10000000\$	21 хвилина	4 доби	700 років

Для зламу протиугінної системи потрібно мати спеціалізоване обладнання або суперЕОМ типу Cray, оскільки операційні системи звичайних комп'ютерів не пристосовані для обробки довгих кодових слів. Криптоаналіз обійдеться дуже дорого.

В автосервісі викрадачі можуть спробувати зареєструвати свій брелок в приймачі автомобіля. Потім можна записати за допомогою граббера команду ресинхронізації із зареєстрованого брелока, щоб відтворити її пізніше при угоні.

Більшість протиугінних систем підтримують режим Valet, коли для обслуговування автомобіля система відключається і немає необхідності передавати брелок стороннім особам.

10.7 Допоміжні пристрої охоронних систем

На даний час широке розповсюдження отримали *механічні протиугінні пристрої* – замки, які забезпечують надійне блокування важеля перемикачів передач. Протиугінні замки користуються попитом в 54 країнах світу. Ізраїльський концерн Technologies Ltd постачає свою продукцію (високоякісні механічні засоби захисту) і в Україну. Протиугінні замки дуже прості і зручні у використанні.

Замок Mul-T-Lock має підвищену стійкість до зламування, підбору ключа. Сам замок і запірна дуга виготовлені із надміцної легированої сталі, захищеної антикорозійним покриттям. Замок Mul-T-Lock має захист від висвердлювання, пиляння, різання та інших способів його зняття. Механізм замка має понад 3 мільйона комбінацій, що практично виключає його несанкціоноване розкриття. Замок комплектується 3-ма ключами, які пройшли при виготовленні комп'ютерний контроль комбінацій. Кожному клієнту видається пластикова картка власника, яка дає право на виготовлення дубліката ключа. Дублікат ключа може бути виготовлений тільки в

стаціонарних умовах сервіс-центру Mul-T-Lock і виключно при наявності пластикової карточки. Секретний номерний ключ має 5 ступенів захисту:

- від підробки ключа шляхом виготовлення відбитків;
- від виготовлення дублікатів ключа при відсутності магнітної карти;
- від свердління;
- від пиляння і різання;
- від зварювання і обробки рідким азотом.

Деякі відомі фірми пропонують широкий асортимент додаткових пристроїв для автосигналізацій, які розширюють спектр охоронних і сервісних функцій систем охорони автомобілів.

1. Центральний замок призначений для одночасного відкривання (закривання) усіх дверей автомобіля. Комплект центрального замка являє собою набір з 2-х або 4-х електричних виконавчих механізмів (активаторів) і контролера керування. Сигнали керування дверми на контролер поступають від центрального блока сигналізації. В деяких моделях контролер керування дверми знаходиться в корпусі самої сигналізації.

2. Електросклопідіймачі являють собою електроприводи, призначені для підняття і опускання дверного скла автомобіля. Керування склопідіймачами здійснюється спеціальним контролером, який є самостійним пристроєм.

3. Додатковий замок капота є допоміжним, але дуже корисним пристроєм. Встановлення додаткового замка капота, який відкривається із салону автомобіля ключем, добре охороняє сирену сигналізації. Крім того, замок капота може розривати ланцюг пуску стартера.

4. Додатковий паливний електроклапан призначений для блокування системи подачі палива автомобіля. Звичайно паливний клапан керується сигналізацією чи іммобілайзером і може стати серйозним протиугінним пристроєм.

5. Електронний захист коліс і засоби проти буксирування автомобіля працюють на основі показань датчика положення та сигналів електронного блока оцінювання поточної ситуації. На момент підключення пристрою сигналізації кут нахилу, при якому автомобіль був встановлений на стоянку, завантажується в запам'ятовувальний пристрій як нульовий контрольний кут. Сигнал тривоги подається, коли величина кут перевищує запрограмовані границі. Звичайні зміни положення автомобіля (наприклад, в результаті зменшення тиску в шинах, вільного розкачування автомобіля чи осідання в рихлому ґрунті) розпізнаються засобами електроніки і не приводять до спрацювання сигнального пристрою.

11 СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ АВТОМОБІЛІВ ТА НАВІГАЦІЙНЕ УСТАТКУВАННЯ

11.1 Класифікація та характеристика систем контролю за переміщенням автотранспорту

В наш час в усьому світі намічається значне зростання інтересу до систем, що забезпечують автоматизацію контролю за переміщенням автотранспорту. Будучи на початковому етапі прерогативою спецслужб і невеликого числа комерційних організацій, що займаються транспортуванням особливо цінних вантажів, у наш час, завдяки удосконалюванню технології і зниженню цін, ці системи стають доступні й економічно ефективні для використання в різних галузях, включаючи комерційні вантажоперевезення, суспільний транспорт і потреби рядового споживача.

Системи і комплекси технічних засобів визначення місця розташування рухомих об'єктів розрізняються за методами визначення координат об'єктів, способами передачі інформації між рухомими об'єктами і диспетчерськими пунктами, логікою побудови і т.п. Однак у всіх цих системах повинна виконуватися умова – можливість для споживача самостійно визначати її основні параметри:

- зону роботи системи;
- тип транспорту, який потрібно контролювати;
- частоту відновлення інформації про рухомий об'єкт;
- перелік задач, розв'язуваних у системі.

Системи автоматичного (автоматизованого) визначення місця розташування транспортних засобів – AVL (automatic vehicle location system) за територією охоплення умовно можна підрозділити (рис. 11.1) на такі зони покриття:

- глобальну, котра охоплює земну кулю, материки або території декількох держав;
- регіональну, обмежену, як правило, границями населеного пункту, області, регіону;
- локальну (зональну) - розраховану на малий радіус дії (територія міста, області), що характерно в основному для систем дистанційного супроводу і пошуку викрадених автомобілів.

З погляду реалізації функцій місцезнаходження системи AVL характеризуються такими технічними параметрами, як точність визначення місцезнаходження і періодичність уточнення даних. Очевидно, що ці параметри багато в чому залежать від зони дії AVL-системи. Чим менше розмір зони дії, тим вище повинна бути точність. Так, для локальних систем, що діють на території міста, вважається достатньою точність визначення місцезнаходження від 50 до 100 м. Деякі спеціальні системи потребують точності до одиниць метрів, для глобальних систем

буває досить точності до одиниць кілометрів. Періодичність уточнення даних може коливатися від декількох хвилин до годин.

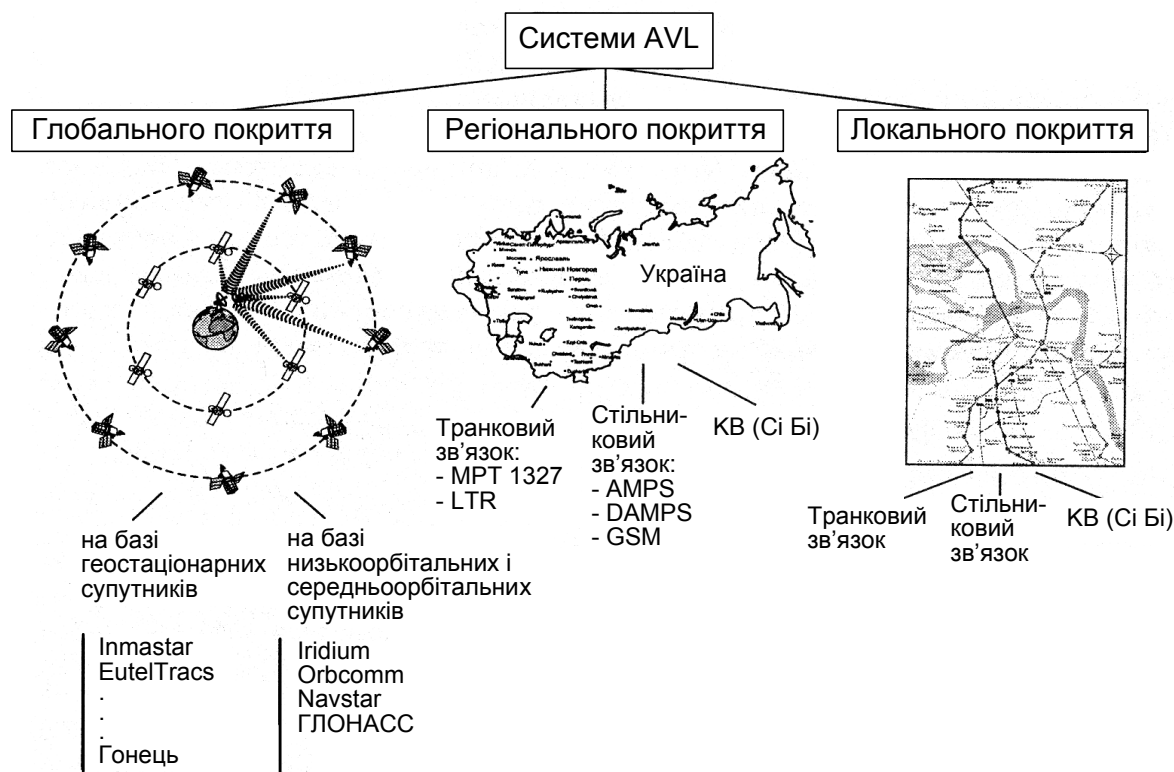


Рисунок 11.1 – Класифікація AVL-систем за територією обхвату

Глобальна зона покриття звичайно потрібна для контролю міжнародних перевезень, коли відстані між рухомих об'єктом і диспетчерським пунктом можуть бути в кілька тисяч кілометрів. Тому найбільш прийнятне рішення для реалізації системи подібного масштабу - використання супутникових каналів зв'язку. Системи супутникового рухомого зв'язку можуть бути побудовані на базі геостационарних супутників або на базі низько- і середньорбітальних супутників.

Основна маса систем контролю дальніх перевезень основана на використанні геостационарних супутників. Це системи *Inmarsat*, *OmniTracs*, *Eutelsat*, *Prodat* та інші.

Системи на базі низькоорбітальних супутників, такі, наприклад, як *Iridium*, *Orbcomm*, *Navstar*, *Глонасс* призначені для автоматизованого збору інформації про стан об'єктів, надання послуг електронної пошти, рішення навігаційних задач. Основна їхня відмінність від геостационарних систем полягає в тому, що вони складаються з низькоорбітальних супутників з невеликою висотою орбіти (менше 1000 км). Для споживача це означає, що їхні супутникові термінали мають менші розміри і невисокі ціни.

До систем, що забезпечують регіональну зону покриття, відносяться системи контролю рухомих об'єктів, в яких об'єкти не віддаляються від диспетчерського пункту далі фіксованої відстані (звичайно не більш

1000 км). У цих системах потрібно підтримувати голосовий зв'язок між об'єктом і диспетчером, оперативно доставляти інформацію про місце розташування і стан транспортних засобів. Досить умовно в цей розряд можна віднести системи на базі транкового, стільникового та короткохвильового зв'язку.

Системи на базі транкового зв'язку можуть покривати значні площі, дозволяючи здійснювати «автороумінг» та «автопатчинг», тобто в них, за рахунок поєднання окремих ретрансляторів у єдину логічну структуру, у споживача відпадає необхідність піклуватися про переключення радіочастотних каналів при переміщенні в рамках усієї системи. У світі розгорнуті й експлуатуються транкові системи різних стандартів: *SmartTrunk*, *MPT 1327*, *LTR*, *SmartZone*, *EDACSnap*.

Системи на базі стільникового зв'язку усе більш завойовують ринок України. Багато фірм випускають устаткування і пропонують закінчені системи. Широке застосування цих систем стримують висока ціна бортового комплексу і проблеми перевантаження системи зв'язку.

Системи локальної зони покриття працюють, як правило, у радіусі до 100 км і найчастіше використовуються для забезпечення внутрішньоміських перевезень і пошуку викрадених автомобілів. У таких системах можуть використовуватися системи космічного, стільникового, транкового та короткохвильового зв'язку окремо одна від одної або в різних поєднаннях.

За своїм призначенням AVL можна розділити на диспетчерські системи, системи дистанційного супроводу та системи відновлення маршруту.

Диспетчерські системи – це системи, в яких здійснюється централізований контроль у певній зоні за місцем розташування і переміщенням рухомих об'єктів у реальному масштабі часу одним або декількома диспетчерами, що знаходяться в стаціонарних обладнаних диспетчерських центрах; це можуть бути системи оперативного контролю переміщення патрульних автомашин, контролю рухомих об'єктів, системи пошуку викрадених автомобілів.

Системи дистанційного супроводу – це системи, в яких дистанційно контролюється переміщення рухомого об'єкта за допомогою спеціально обладнаної автомашини або іншого транспортного засобу; найчастіше такі системи використовуються при супроводі цінних вантажів або контролюється переміщення спеціальних транспортних засобів.

Системи відновлення маршруту – це системи, що вирішують задачу визначення маршруту або місць перебування транспортного засобу на основі даних, отриманих тим або іншим способом; подібні системи застосовуються при контролі переміщення транспортних засобів, а також з метою одержання статистичних даних про маршрути.

У тому випадку, коли потреба одержання інформації в реальному масштабі часу не є обов'язковою, однією з найбільш дешевих систем

контролю рухомих об'єктів є використання бортового накопичувача параметрів руху транспортних засобів. Останній працює в режимі «чорної скриньки», тобто здійснює запис координат точок маршруту руху з відміткою часу їхнього проходження, а також фіксує додаткову телеметричну інформацію, наприклад, температуру в рефрижераторі, витрату палива, факти відкривання дверей фургона і т.д.

Для зональних диспетчерських систем ідеальним може вважатися одержання даних про місце розташування рухомого об'єкта до одного разу в хвилину. Системи дистанційного супроводу потребують більшої частоти відновлення інформації.

Конкретні реалізації AVL-систем часто включають у свій склад технічні засоби, що забезпечують кілька способів визначення місця розташування.

11.2 Методи визначення місця розташування транспортних засобів, які використовуються в AVL-системах

Застосовувані в AVL-системах методи визначення місця розташування транспортних засобів можна розбити на три основних категорії: методи наближення (зональні), методи навігаційного обчислення, методи визначення місця розташування за радіочастотою.

Для використання методів наближення створюється мережа контрольних зон шляхом встановлення достатньо великої кількості контрольних пунктів (КП) з точно відомим місцем розташування. Положення транспортного засобу визначається за проходженням ним КП шляхом автоматичного використання встановленої бортової апаратури. Точність місцезнаходження об'єкта напряму залежить від щільності розташування КП. Вартість використання цих методів досить висока, особливо при необхідності охоплення значних територій.

Місце розташування транспортного засобу за радіочастотою визначається шляхом вимірювання різниці відстаней транспортного засобу від трьох або більше відносних позицій.

Дану групу методів можна умовно розбити на дві підгрупи:

- радіопеленгація, коли абсолютне або відносне місце розташування рухомого об'єкта визначається при прийомі випромінюваного ним радіосигналу мережею стаціонарних або мобільних приймальних пунктів;
- обчислення координат за результатами прийому спеціальних радіосигналів на борту рухомого об'єкта (методи прямої або інверсної радіонавігації).

Методи навігаційного обчислення ґрунтуються на вимірюванні параметрів руху автомашини за допомогою датчиків прискорень, кутових швидкостей у сукупності з датчиками пройденого шляху і датчиками напрямку та обчисленні на основі цих даних поточного місця

розташування рухомого об'єкта щодо відомої початкової точки. В цілому дані методи можуть використовуватися в тих же системах, що і методи, основані на радіонавігації. Основна їхня перевага в порівнянні з методами радіонавігації – незалежність від умов прийому навігаційних сигналів бортовою апаратурою.

На рис. 11.2 показано застосування навігаційного обчислення для визначення координат автомобіля.

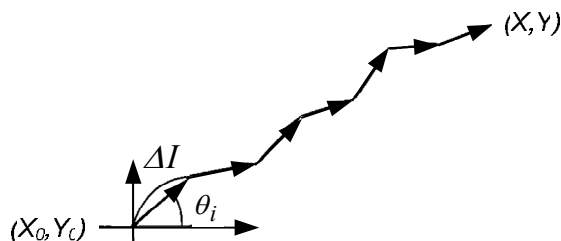


Рисунок 11.2 – Визначення координат автомобіля методом навігаційного обчислення

Відстань від стартової точки (X_0, Y_0) визначається за такою системою рівнянь

$$\begin{cases} X_n = X_0 + \sum_{i=1}^n \Delta l \cdot \sin \theta_i, \\ Y_n = Y_0 + \sum_{i=1}^n \Delta l \cdot \cos \theta_i \end{cases} \quad (11.1)$$

де вісь X означає напрямок схід – захід, а Y – північ – південь.

Таким чином, поточні координати автомобіля можуть бути визначені, якщо відоме положення стартової точки на карті.

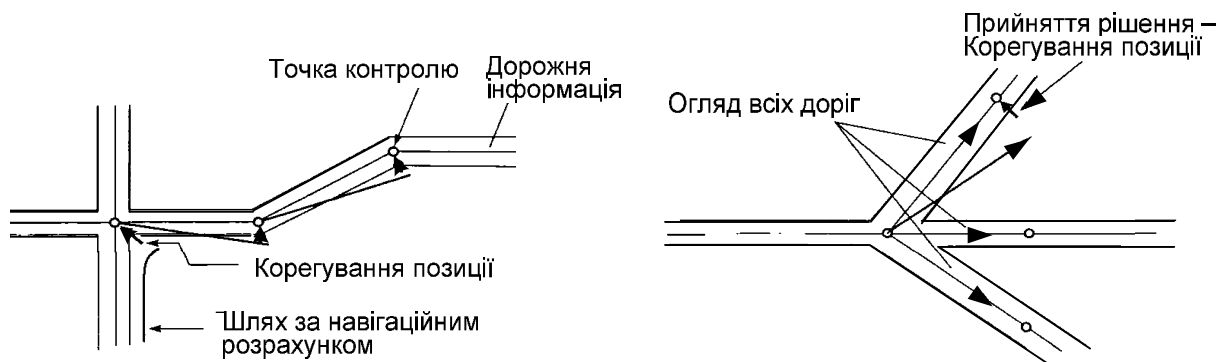
Напрямок руху автомобіля звичайно визначають за геомагнітним датчиком азимута (компасу). Корпус автомобіля виконаний з металу та інших магнітних матеріалів і здатний намагнічуватись зовнішніми полями. В цьому випадку виникає систематична похибка у визначенні напрямку руху автомобіля. Паразитне магнітне поле компенсується додатковими магнітами поблизу компаса.

Магнітне поле також спотворюється в тунелях, на металевих мостах, під час руху вздовж електропоїздів. Застосування датчиків обертання коліс разом із компасом вирішує дану проблему.

Навігаційне обчислення дає низьку точність визначення поточних координат об'єкта. Для автомобіля приходить коректувати координати, визначені цим методом кожні 10-15 км. Ситуацію спасає лише те, що звичайно автомобілі рухаються по дорогах, які нанесені на карту.

Орієнтування на карті місцевості дозволяє уточнити поточні координати автомобіля шляхом порівняння конфігурації пройденого

шляху, отриманої навігаційним обчисленням, з конфігурацією дороги, по якій рухається автомобіль. На рис. 11.3 показано як порівнюються і коректуються шляхи, отримані навігаційним обчисленням, з картою.



а – корегування шляху, б – вибір шляху на перехресті доріг

Рисунок 11.3 – Корегування і вибір шляху

Спочатку навігаційна система визначає, які з найближчих доріг можуть відповідати координатам автомобіля, отриманим навігаційним обчисленням. Потім виконується порівняння, як показано на рис 11.3, а. Вибирається найбільш придатна дорога і корегуються координати автомобіля по карті. Коли автомобіль досягає перехрестя, вибір дороги визначається напрямком руху (рис. 11.3, б). Якщо дороги на перехресті виглядають приблизно однаково, навігаційний комп'ютер слідкує за ними по карті вперед і визначає коефіцієнт кореляції для кожної з доріг відносно заданого маршруту. Вибирається дорога з найбільшим коефіцієнтом кореляції.

Система GPS (рис. 11.4) може використовуватись для визначення абсолютних координат автомобіля. Вона складається з 18 основних та 3 запасних супутників на навколоземних орбітах (радіус 20183 км, період обертання 12 годин), запущених міністерством оборони США в період з 1980 по 1992 рік (програма Navstar), і призначена для отримання інформації про абсолютні координати різних об'єктів: морські судна, літаки, ракети, військові підрозділи, автомобілі і т.д. На супутниках встановлені атомні годинники, періодично на Землю надсилаються сигнали з інформацією про системний час і параметри орбіти на частоті 1,57542 ГГц.

Користувачі обслуговуються системою за двома категоріями: точне визначення координат (Precise Position Service – PPS) – для військових і стандартна точність визначення координат (Standard Position Service – SPS) – для решти категорій користувачів, в тому числі і для навігації автомобілів. Досяжна точність визначення координат з помилкою до 30 м.

Координати приймача (X, Y, Z) і супутника (U_i, V_i, W_i) пов'язані співвідношенням:

$$P_i = \sqrt{(X - U_i)^2 + (Y - V_i)^2 + (Z - W_i)^2} + R. \quad (11.2)$$

де P_i – відстань між супутником і приймачем;

R – похибка у часі, яка виникає через неможливість точно синхронізувати атомний годинник супутника і кварцовий генератор приймача.

Таким чином при відомих координатах (U_i, V_i, W_i) чотирьох супутників (рис. 11.5) і відстані від супутників до приймача P_i шляхом розв'язання чотиривимірного нелінійного рівняння визначаються координати приймача (X, Y, Z)

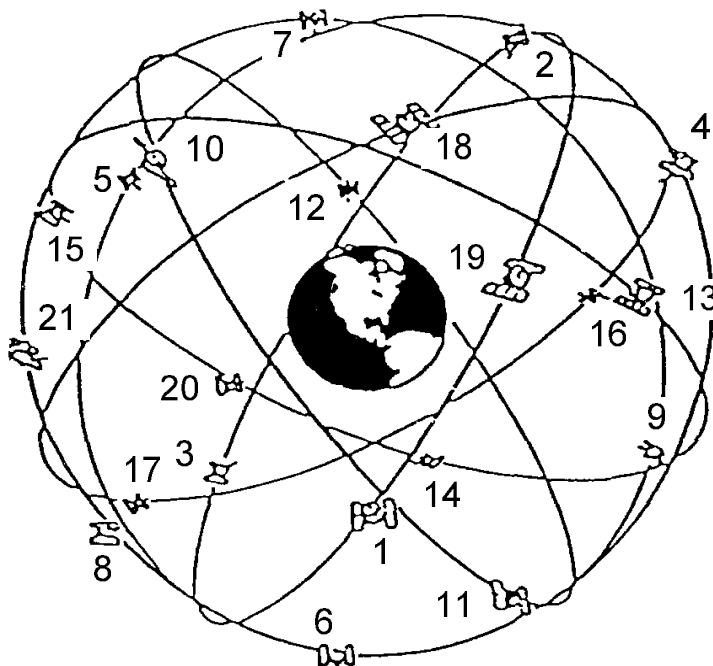


Рисунок 11.4 – Супутникова система Navstar

Координати супутника визначаються за розв'язанням рівняння Кеплера, для чого передається інформація про системний час.

Відстань P_i між супутником і приймачем визначається за часом затримки t_i приходу сигналу синхронізації із супутника (швидкість розповсюдження радіохвиль – постійна величина).

Вважається, що навігація за допомогою GPS є найбільш перспективною. Її основні недоліки.

1. При першому зверненні початкові координати визначаються відносно повільно – 2...3 хвилини. В подальшому інформація оновлюється протягом декількох секунд.

2. Система працює в умовах прямої видимості з 4-х супутників. Гори та високі будівлі можуть бути перешкодою.

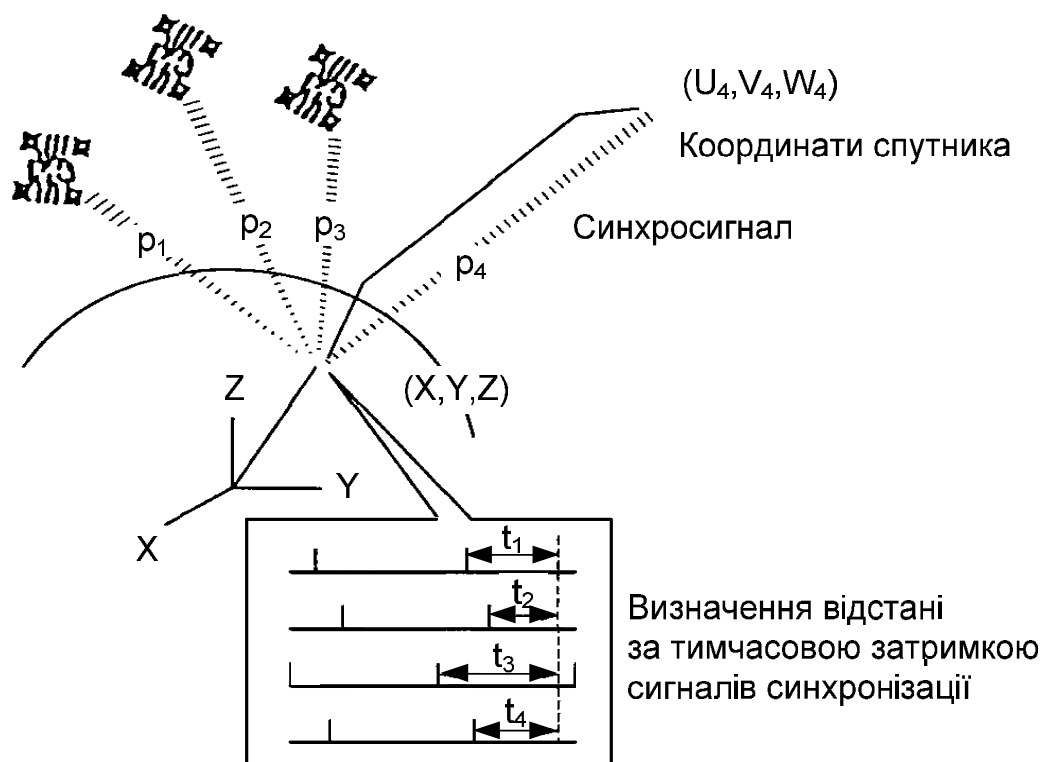


Рисунок 11.5 – Визначення координат за допомогою GPS

11.3 Обладнання навігаційних систем

Структура, способи функціонування та потрібні характеристики підсистем системи реалізації навігаційного обчислення (СРНО) переважно залежать від заданої якості навігаційного забезпечення та обраної концепції навігаційних вимірювань.



Рисунок 11.6 – Принцип дії супутникової навігації

Для досягнення таких важливих якостей, як неперервність і висока точність навігаційних визначень, в глобальній робочій зоні і складі сучасної СРНО типу ГЛОНАСС або NAVSTAR GPS функціонують три основні підсистеми:

- космічних апаратів (ПКА), яка складається з мережі навігаційних супутників (НС);
 - контролю і керування (ПКК) – наземний командно-вимірювальний комплекс (КВК) або центр керування;
 - апаратура споживача (АС) СРНО (прийомоіндикатори (ПІ)).
- Множина видів прийомоіндикаторів СРНО забезпечує потреби наземних, морських, авіаційних та космічних (в межах ближнього космосу) споживачів.

Основною операцією, яку виконують в СРНО є визначення просторово-часових координат (ПЧК). Цю операцію здійснюють відповідно до концепції незалежної навігації, яка передбачає визначення шуканих навігаційних параметрів безпосередньо в апаратурі споживача. В рамках цієї концепції в СРНО обрано позиційний спосіб визначення місцезнаходження споживача на основі пасивних (без запитів) далекомірних вимірювань за сигналами декількох навігаційних штучних супутників Землі з відомими координатами.

Вибір концепції незалежної навігації та використання беззапитних вимірювань забезпечили можливість досягнення необмеженої пропускну здатності СРНО, однак це призвело до ускладнення апаратури споживачів.

Висока точність визначення місцезнаходження споживачів обумовлена багатьма факторами, включаючи взаємне розташування супутників і параметри їх навігаційних сигналів. В наш час вважається доцільним введення у склад СРНС додаткових регіональних систем, які дозволяють підвищити точність обсервації, здійснювати контроль цілісності системи та підтримувати режим диференціальних вимірювань.

Підсистема космічних апаратів СРНО складається з певного числа навігаційних супутників. Основні функції НС – формування та випромінювання радіосигналів, необхідних для навігації споживачів, контролю бортових систем супутника підсистемою контролю і керування СРНО. З цією метою в склад апаратури НС звичайно включають: радіотехнічне обладнання (передатчики, приймачі, антени, блоки орієнтації), ЕОМ, бортовий еталон часу і частоти, сонячні батареї та інше устаткування. Бортові еталони часу і частоти забезпечують практично синхронне випромінювання навігаційних сигналів усіма супутниками, що необхідно для реалізації режиму пасивних далекомірних вимірювань в апаратурі споживача.

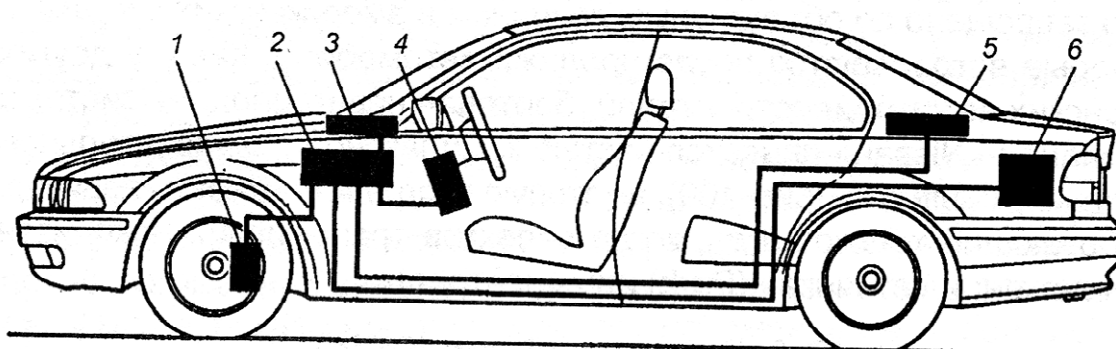
Підсистема контролю і керування являє собою комплекс наземних засобів – КНЗ, які забезпечують спостереження і контроль за траєкторіями руху НС, якістю функціонування їх апаратури, керування режимами її роботи і параметрами супутникових радіосигналів, складом, об'ємом та дискретністю переданої із супутників навігаційної інформації, стабільністю бортової шкали часу та інше.

Звичайно КНЗ складається з координаційно-обчислювального центру (КОЦ), станцій траєкторних вимірювань і керування (СТВ), системного (наземного) еталону часу і частоти.

Періодично при польоті НС в зоні видимості СТВ, відбувається спостереження за супутником, що дозволяє за допомогою КОЦ визначати і прогнозувати координатну та іншу необхідну інформацію. Потім ці дані закладають в пам'ять бортової ЕОМ і передають споживачам в службовому повідомленні у вигляді кадрів відповідного формату.

Функціональні можливості навігаційної апаратури споживачів СРНО досить різноманітні. Одні комплекси показують водієві розташування заданого пункту призначення, його віддаленість, а також місце розташування автомобіля, інші «супроводжують» водія від початку поїздки до кінцевого пункту, безупинно вказуючи оптимальний напрямок руху до заданої мети з урахуванням зміни дорожньої обстановки. Є й більш прості системи, що видають інформацію тільки загального характеру: про погодні умови, ДТП, що відбулися в певному місті або на маршруті руху, і т.д. Але в будь-якому випадку мета їх застосування очевидна: знизити час і вартість поїздки, забезпечити водієві можливість оптимальним чином коректувати свій маршрут.

Розташування елементів типового комплексу навігаційної апаратури автомобіля показано на рис. 11.7.



1 - датчик пройденого шляху; 2 - процесорний блок; 3 - компас; 4 - інформаційний дисплей; 5 - антена приймача GPS; 6 - накопичувач інформації

Рисунок 11.7 – Будова навігаційної системи

В сучасних СРНО керування НС здійснюється з обмежених територій і, відповідно, не забезпечується постійна взаємодія КНЗ і мережі НС. В зв'язку з цим виділяють два етапи розв'язування цієї задачі. На першому етапі в апаратурі КНЗ вимірюють координати супутників в процесі їх прольоту в зоні видимості і обчислюють параметри їх орбіт. Ці дані прогнозуються на фіксовані (опорні) моменти часу, наприклад, на середину кожного півгодинного інтервалу майбутньої доби, до виконання

наступного прогнозу. Прогнозовані координати НС та їх похідні передаються на НС, а потім у вигляді навігаційного (службового) повідомлення, в указані моменти часу, споживачам. На другому етапі в апаратурі споживача за цими даними здійснюється наступне прогнозування координат НС, тобто обчислюються поточні координати НС в інтервалах між опорними точками траєкторії. Процедури первинного і вторинного прогнозування координат проводять при відомих закономірностях руху НС.

На відміну від НС, що самовизначаються, розглянутий варіант функціонування СРНО забезпечує спрощення апаратури супутників за рахунок ускладнення КНЗ з метою досягнення заданої надійності.

11.4 Економічна ефективність та окупність систем

Морські, повітряні і наземні шляхи виконують важливу роль в економічному розвитку будь-якої країни. По цих транспортних артеріях перевозиться величезна кількість пасажирів і різних вантажів. Для компаній, що здійснюють вантажні і пасажирські перевезення, дисципліна водіїв має першорядне значення. Адже в умовах, коли людині надана надзвичайно сучасна і дорога техніка, відсутність належного контролю може обійтися компанії прямими або непрямыми втратами в сотні тисяч доларів. Немає необхідності пояснювати наскільки важливо в сучасних умовах (світова економічна криза) підвищувати ефективність контролю за станом транспортного парку, знижувати холостий пробіг, зменшувати накладні витрати.

Задачі, розв'язувані за допомогою навігаційних систем пошуку і спостереження за рухомими об'єктами:

- постійна і достовірна інформація про місцезнаходження кожного з автомобілів у реальному часі із записом протоколу і можливістю наступного аналізу;
- спрощення роботи диспетчера і зниження його завантаження, що знижує імовірність прийняття помилкового або несвоєчасного рішення;
- наочне картографічне відображення місцевості з накладенням маркерів, що вказують положення автотранспорту; тип маркера і його колір можуть відображати як тип машини, так і її стан (вільна, зайнята, несправна і т.д.);
- можливість автоматичного контролю за незапланованими зупинками автотранспорту, а також за виїздом автотранспорту за межі встановленої робочої зони, що значною мірою може сприяти зниженню ризику розкрадання матеріальних цінностей або нецільового використання автотранспорту;
- можливість оперативної допомоги водіям, що втратили орієнтацію, у виборі оптимального маршруту;

- можливість автоматизованого пошуку найближчої до заданої точки машини з можливістю диференціації за заданими ознаками (наприклад, найближчої вільної машини, найближчої машини з певним устаткуванням);

- при наявності датчиків сигналізації і виконавчих пристроїв - своєчасне оповіщення диспетчера про викрадення автотранспорту і можливість його дистанційного блокування (наприклад, дистанційним включенням клапана, що перекриває бензопровід); подальші дії органів охорони правопорядку можуть бути значно полегшені через наявність точної інформації про місцезнаходження викраденого автомобіля;

- можливість обладнання автомобіля «тривожною кнопкою» і (або) датчиком зіткнення для автоматичної передачі сигналу про надзвичайну ситуацію і координати події;

- можливість ефективної координації дій з вантажоодержувачем і забезпечення своєчасного розвантаження або переадресації вантажу при неможливості його прийому на заздалегідь запланованому об'єкті (що особливо важливо під час перевезення вантажів, які швидко псуються, наприклад, бетону високих марок або деяких харчових продуктів);

- зменшення холостого пробігу автотранспорту через прорахунки в організації перевезень, пов'язані з неповним інформуванням диспетчера про реальну обстановку;

- підвищення ефективності використання наявного автотранспорту і персоналу за рахунок більш чіткої організації їх роботи і зниження потреби в додаткових машинах;

- спрощення контролю за реальним пробігом кожної з одиниць автотранспорту та оцінки реальних витрат при аналізі економічної ефективності перевезень;

- великий обсяг об'єктивної інформації для аналізу з метою розробки найбільш раціональних маршрутів, удосконалення системи керування і т.п.;

- можливість автоматизованого контролю за настанням терміну регламентного обслуговування автотранспорту і більш ефективного планування його використання з урахуванням цієї інформації.

Для кінцевого користувача економічний ефект від впровадження систем контролю за рухомими об'єктами, як правило, досягається за рахунок:

- підвищення ефективності використання основних засобів виробництва (у даному випадку транспортних засобів);

- прискорення реагування на запити клієнтів;

- розширення спектра пропонованих послуг;

- зниження експлуатаційних витрат;

- підвищення безпеки і зниження ризику матеріальних втрат як від неправильних рішень персоналу, зроблених на основі недостовірної інформації, так і від крадіжок майна при транспортуванні.

При розгляді економічного ефекту від впровадження подібних систем у кожному конкретному випадку необхідно враховувати специфіку

парку машин і характер перевезених вантажів. При цьому можна виділити такі складові забезпечення успіху:

- підвищення ефективності використання наявного парку транспорту і персоналу;
- зниження потреби в розширенні парку автотранспорту;
- зниження втрат від крадіжок вантажу і викрадень або нецільового використання автотранспорту завдяки удосконалюванню системи забезпечення безпеки;
- зменшення витрат на технічне обслуговування, паливо, мастильні матеріали за рахунок оптимізації маршрутів і зниження непродуктивного пробігу автотранспорту;
- поліпшення обслуговування клієнтів і можливість залучення нових клієнтів за рахунок розширення спектра послуг і оперативного реагування на запити;
- більш чітке перспективне планування роботи на основі об'єктивної інформації про реальний пробіг кожної одиниці автотранспорту і зниження втрат, пов'язаних з ремонтом і простоєм автотранспорту, що особливо важливо для унікального автотранспорту і для машин з дорогим спеціальним устаткуванням;
- підвищення ефективності роботи персоналу і можливість введення системи матеріального стимулювання, що базується на достовірній інформації про роботу кожного водія і заохочує до більш ефективного використання робочого часу, транспорту, паливо-мастильних матеріалів і спеціального устаткування.

Дослідження Департаменту транспорту США, яке охопило 24 цілком розгорнутих системи подібного типу і 31 систему, що знаходяться в різних стадіях розгортання (усього більше 10000 обладнаних машин) виявило такі усереднені показники, які мають пряме відношення до економічної ефективності:

- пробіг автотранспорту - зниження на 15-18%;
- обсяг наданих послуг - збільшення на 12-23% при значному поліпшенні оперативності обслуговування клієнтів;
- безпека - скорочення часу оповіщення спеціальних служб про надзвичайні ситуації приблизно до однієї хвилини;
- повернення інвестицій - до 45% у рік.

12 ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

12.1 Системи керування двигуном

Мета роботи: вивчити призначення, основні конструктивні схеми, особливості функціонування та технічного обслуговування систем керування автомобільних двигунів.

Зміст роботи

Вивчити:

- призначення та технічні вимоги до систем керування двигуном;
- принцип роботи електронної системи керування бензиновим двигуном;
- особливості системи керування дизельним двигуном;
- призначення, будову, принцип дії і конструктивні особливості елементів електронних систем керування;
- переваги і недоліки різних конструктивних схем;
- методику виконання технічного обслуговування, діагностування і ремонту систем керування двигуном.

Записати:

- марку і модель автомобіля, тип двигуна, кількість і розташування циліндрів;
- параметри зовнішньої швидкісної характеристики двигуна (максимальні потужність і крутний момент при відповідній кутовій швидкості колінчатого вала);
- назву системи керування та перелік її конструктивних елементів;
- особливості функціонування та технічного обслуговування системи;

Накреслити:

- схему системи керування двигуном;
- робочі характеристики використовуваних в системі датчиків;
- алгоритм роботи електронного блока керування.

Методичні вказівки

При вивченні систем керування автомобільних двигунів потрібно звернути увагу на те, що електронна система автоматичного керування двигуном складається з датчиків для постійного контролю за його параметрами і параметрами навколишнього середовища, електронного блока керування на основі мікропроцесора і виконавчих механізмів, за допомогою яких електронний блок керує двигуном за закладеною в його пам'яті програмою та відповідно до інформації від датчиків.

Електронне керування необхідне для задоволення високих вимог з екологічності, паливної економічності, експлуатаційних характеристик, зручності обслуговування і діагностування, що висуваються до сучасних автомобільних двигунів на законодавчому рівні і споживачами.

Автоматичне керування двигуном може включати в себе:

- електронну систему керування впорскуванням палива;
- систему керування запалюванням;
- систему керування клапанами циліндрів (регулювання фаз газорозподілу);
- систему керування рециркуляцією відпрацьованих газів;
- карбюратори з електронним керуванням;
- економайзер примусового холостого ходу з електронним керуванням;
- електронні системи керування паливоподачею автомобільних дизелів;
- електромеханічні системи впорскування «Jetronik».

За своїм схемотехнічним рішенням електронні системи автоматичного керування двигуном поділяються на три типи:

- аналогові системи на операційних підсилювачах;
- цифрові регулятори, побудовані на елементах середнього ступеня інтеграції;
- мікропроцесорні системи.

Аналогові системи мають істотні недоліки:

- залежність якості регулювання від точності виготовлення елементів;
- залежність електричних параметрів елементів від зовнішніх факторів;
- вузька спеціалізація системи.

Цифрові регулятори складні в конструктивному відношенні, мають малу надійність, не перелаштовуються на інший тип двигуна.

Функціональні задачі діагностики мікропроцесорних систем керування автомобілем, а також ідентичність функціональних систем керування та діагностування дозволяє за рахунок сумісного використання загальної апаратури (датчиків, виконавчих механізмів, пристроїв спряження, пристроїв відображення інформації та мікроЕОМ) забезпечити неперервний контроль системи та об'єкта керування як у функціональному, так і в тестовому режимах без використання будь-яких спеціалізованих технічних засобів та уникнути тим самим необґрунтованого ускладнення конструкції автомобіля та необхідності розробки додаткового діагностичного обладнання.

Складні технічні системи, які працюють в реальному масштабі часу, повинні бути наділені властивістю відмовобезпеки, тобто здатністю частково або повністю компенсувати недоліки звичайних пристроїв.

Контрольні запитання

1. Призначення та технічні вимоги до систем керування двигуном.
2. Принципові відмінності між системою керування бензиновим і дизельним двигуном.
3. Основні конструктивні складові систем керування.
4. Будова інжектора.

5. Види корекції впорскування палива.
6. Залежність викидів шкідливих речовин від складу горючої суміші.
7. Витратоміри повітря.
8. Датчики температури.
9. Датчики кута відкриття дросельної заслінки.
10. Датчики кута повороту колінчатого вала.
11. Датчик детонації.
12. Датчики якості палива і мастила.
13. Виконавчі механізми електронних систем керування двигуном.
14. Електронні блоки керування.
15. Система регулювання фаз газорозподілу.

12.2 Системи керування трансмісією

Мета роботи: вивчити призначення, основні конструктивні схеми, особливості функціонування та технічного обслуговування систем керування автоматичних та напіваавтоматичних трансмісій автомобілів.

Зміст роботи

Вивчити:

- призначення та загальні схеми автоматичних і напіваавтоматичних трансмісій;
- будову та роботу автоматизованих механічних трансмісій;
- особливості конструкції, функціонування та технічного обслуговування спеціалізованих автоматичних трансмісій;
- призначення і принцип дії гідродинамічних та електродинамічних сповільнювачів, систем контролю тягового зусилля.

Записати:

- модель автомобіля та тип трансмісії;
- характеристики елементів трансмісії;
- особливості її функціонування та технічного обслуговування.

Накреслити:

- схеми механізмів трансмісії та її будови;
- діаграму процесів перемикання передач.

Методичні вказівки

При вивченні систем керування трансмісією слід вияснити їх призначення, класифікацію, вимоги, що до них висуваються. Виявити функціональні особливості сповільнювачів та систем контролю тягового зусилля.

Необхідно пам'ятати, що удосконалення автоматизації керування трансмісіями відбувається за двома напрямками:

- автоматизація керування механічними трансмісіями, які складаються зі ступінчастої коробки передач і фрикційного зчеплення (тобто такими трансмісіями, якими обладнується переважна більшість автомобілів);

- оснащення автомобілів автоматичними спеціалізованими трансмісіями, які забезпечують найбільш зручне, просте і легке керування, високу комфортабельність автомобіля.

Керування трансмісією забезпечується автоматичним перемиканням швидкостей в коробці передач, вмиканням і вимиканням зчеплення, керуванням карданним валом і заднім мостом.

За рівнем автоматизації керування трансмісії можна поділити на напівавтоматичні, які автоматизують керування не цілком всією трансмісією, а тільки окремими її вузлами, і автоматичні, в яких керування відбувається без участі водіїв.

В електронній системі керування трансмісією об'єктом регулювання є в основному автоматична коробка передач. При цьому блок електронного керування на основі сигналів датчиків частоти обертання колінчатого вала двигуна, ведучого вала коробки передач, кута відкриття дросельної заслінки і швидкості автомобіля вибирає оптимальне передаточне число коробки передач і час вмикання зчеплення.

Крім того, система керування посилає в електронний блок керування необхідні сигнали для пом'якшення ударів і товчків при перемиканні передач і спрацьовуванні зчеплення.

Використання в трансмісії гідродинамічних або електродинамічних сповільнювачів (допоміжних гальм, що не зношуються) дозволяє зменшити теплове навантаження на колісні гальма під час тривалих сповільнень. Вони можуть встановлюватись з боку ведучого вала приводу (первинні вбудовані сповільнювачі) або з боку веденого вала (вторинні вбудовані сповільнювачі), чи розміщуватись окремим блоком між вторинним валом коробки передач і ведучим мостом. Переваги об'єднаних конструкцій – компактні розміри, невелика вага і використання єдиної робочої та змащувальної рідини. Переваги первинних сповільнювачів проявляються при гальмуваннях на невеликих швидкостях, тому вони широко застосовуються на міських автобусах. Вторинні сповільнювачі мають переваги при використанні на важких вантажних автомобілях для узгодженого гальмування на більш високих швидкостях та при русі на спусках.

Системи контролю тягового зусилля об'єднуються з блоком керування антиблокувальної системи гальм та системи керування двигуном. Вони використовуються під час прискорення автомобіля, коли надлишковий крутний момент призводить до швидкого підвищення частоти обертання одного чи обох ведучих коліс. В цьому випадку система підтримує проковзування ведучих коліс в межах допустимого рівня, виконуючи такі функції:

- підвищення сили тяги;
- підтримання курсової стійкості автомобіля.

Контрольні запитання

1. Напрямки удосконалення та рівні автоматизації керування трансмісією.
2. Принцип дії системи автоматичного керування фрикційним зчепленням.
3. Особливості використання автоматичних зчеплень з механічною коробкою передач.
4. Будова та принцип дії автоматичних коробок передач.
5. Призначення, будова та робота сповільнювачів.
6. Особливості конструкції та функціонування систем контролю тягового зусилля.

12.3 Системи керування підвіскою

Мета роботи: вивчити призначення, конструктивні особливості та робочі процеси систем керування підвіскою сучасних автомобілів.

Зміст роботи

Вивчити:

- основні конструктивні елементи, типи підвісок та їх характеристики;
- вплив конструктивних характеристик на вертикальні коливання автомобіля;
- призначення, будову та роботу керованих систем підвісок, активних підвісок, амортизаторів та вібропоглиначів.

Записати:

- модель автомобіля та загальну характеристику підвіски;
- особливості конструкції та робочого процесу системи керування підвіскою;
- контрольовані параметри, використовувані датчики та виконавчі механізми.

Накреслити:

- схему компонування підвіски;
- блок-схему системи керування підвіскою.

Методичні вказівки

При вивченні систем керування підвіскою слід вияснити їх призначення, класифікацію, вимоги, що до них висуваються. Виявити функціональні особливості систем вирівнювання навантажень, активних підвісок автомобілів, систем автоматичного керування амортизаторами та вібропоглиначів.

Необхідно пам'ятати, що такі характеристики, як амортизація і демпфування підвіски, головним чином, пов'язані з вертикальними коливаннями автомобіля. Комфорт руху (навантаження, яким піддаються

пасажирів і вантажі) та експлуатаційна безпека автомобіля (розподіл сил відносно дорожньої поверхні) значною мірою визначаються характеристиками підвіски.

Комфортабельність транспортного засобу в основному визначається плавністю коливань кузова. Коливання осі значною мірою визначають безпеку руху автомобіля.

Монтовані до кузова пружини і демпфери здійснюють вплив на кутові коливання навколо поперечної і поздовжньої осей кузова автомобіля, а також на характеристики вертикальних вібрацій.

Кутове коливання навколо поперечної осі пов'язане з розгоном або гальмуванням автомобіля. Кутове коливання відносно поздовжньої осі виникає у відповідь на спрацьовування рульового керування. Стабілізатори поперечної стійкості на передній і задній осях зменшують такий вплив.

Електронні системи автоматичного керування підвіскою призначені для підвищення безпеки і комфортабельності автомобіля шляхом автоматичної зміни пружності ресор і опору амортизаторів. Ці багатофункціональні системи забезпечують:

- пом'якшення ударів, які сприймаються колесами при русі;
- регулювання положення кузова по висоті;
- динамічну стабільність кузова як при рівномірному, так і при нерівномірному русі;
- створення максимального комфорту;
- збереження горизонтального положення кузова.

Підвищення безпеки досягається шляхом збільшення жорсткості підвіски при русі з великою швидкістю по гарних дорогах, що зменшує крен автомобіля при виконанні поворотів і осідання при русі з місця, перемиканні передач і гальмуванні. Підвищення комфортності досягається шляхом зменшення жорсткості підвіски при русі з невеликою швидкістю, особливо по поганих дорогах.

В найпростішій системі електронний блок керування підвіскою працює на основі сигналів, які надходять від датчиків швидкості, положення рульового колеса, інтенсивності гальмування, положення дросельної заслінки та перемикання передач. Зазвичай передбачається ручна зміна режимів роботи системи водієм.

Контрольні запитання

1. Призначення підвіски автомобіля та її типи.
2. Конструктивні елементи підвіски.
3. Призначення та склад електронних систем керування підвіскою.
4. Особливості автоматичного керування амортизаторами.
5. Будова та робота систем вирівнювання навантажень.
6. Конструкція та особливості функціонування активних підвісок автомобілів.
7. Призначення та принцип дії вібропоглиначів.

12.4 Системи керування гальмами

Мета роботи: вивчити призначення, принципові схеми, будову, особливості функціонування та технічного обслуговування систем керування гальмами сучасних автомобілів.

Зміст роботи

Вивчити:

- призначення, будову і роботу антиблокувальних систем легкових і вантажних автомобілів;
- призначення, будову і роботу повністю електронних гальмових систем;
- конструктивні елементи систем регулювання гальмових зусиль та особливості їх функціонування;
- особливості технічного обслуговування гальмових систем автомобілів з електронним керуванням.

Записати:

- модель автомобіля та загальну характеристику гальмової системи;
- особливості конструкції та робочого процесу системи керування гальмами;
- контрольовані параметри, використовувані датчики та виконавчі механізми.

Накреслити:

- схему системи керування гальмами;
- схему розташування основних компонентів гальмової системи на автомобілі.

Методичні вказівки

При вивченні систем керування автомобільних двигунів потрібно звернути увагу на те, що електронні системи, які забезпечують керування гальмами з метою підвищення ефективності їх роботи, за функціональним призначенням, можуть бути класифікованими на антиблокувальні, регулювання гальмових сил та повністю електронні.

Антиблокувальні системи (ABS) автомобілів являють собою системи, оснащені пристроями керування зі зворотним зв'язком, що запобігають блокуванню коліс під час гальмування і зберігають керованість і курсову стійкість автомобіля.

Незалежно від конструкції будь-яка АБС повинна складатися з таких елементів:

- датчики, функцією яких є видача інформації, в залежності від прийнятої системи регулювання, про кутову швидкість колеса, тиск робочого тіла гальмівного приводу, сповільнення автомобіля та ін.;

– блок керування, зазвичай електронний, куди поступає інформація від датчиків, який після логічної обробки отриманої інформації дає команду виконавчим механізмам;

– виконавчі механізми (модулятори тиску), які в залежності від отриманої з блока керування команди, знижують, підвищують чи підтримують на постійному рівні тиск в гальмівному приводі коліс.

Процес регулювання гальмування колеса за допомогою АБС – циклічний. Пов'язано це з інерційністю самого колеса, приводу, а також елементів АБС. Якість регулювання оцінюється за тим, наскільки АБС забезпечує проковзування загальмованого колеса в заданих межах. При великому діапазоні циклічних коливань тиску порушується комфортабельність при гальмуванні (“смикання”), а елементи автомобіля сприймають додаткові навантаження. Якість роботи АБС залежить від прийнятого принципу регулювання (“алгоритму функціонування”), а також від швидкодії системи в цілому. Швидкодія визначає циклічну частоту зміни гальмівного моменту. Важливою властивістю АБС повинна бути здатність пристосовуватися до зміни умов гальмування (адаптивність) і, в першу чергу, до зміни коефіцієнта зчеплення в процесі гальмування.

Електронне регулювання гальмівних зусиль здійснюється системами контролю динаміки автомобіля (ESP). Вони є системами з оберненим зв'язком, які дозволяють зберігати курсову стійкість під час руху автомобіля шляхом втручання в роботу гальмової системи та силової передачі.

Система ESP запобігає «випередженню» або «запізненню» повороту автомобіля під час руху та розвиває переваги АБС та систем контролю тягових зусиль (TCS) за такими пунктами:

– забезпечення водія активною допомогою при критичних динамічних ситуаціях;

– підвищення курсової стійкості автомобіля при частковому або повному гальмуванні, русі накатом, розгоні, гальмуванні двигуном та зміні навантажень;

– підвищення стійкості руху при екстремальному маневруванні (аварійна ситуація);

– поліпшення керованості в складних дорожніх умовах;

– краще використання потенціалу зчеплення між шинами і дорожнім покриттям порівняно з АБС і TCS.

На відміну від АБС, TCS і ESP повністю електронні системи (електрогідравлічні чи електропневматичні гальма) можуть створювати тиск в колісних циліндрах незалежно від дій водія.

В цих системах електронний важіль гальма не створює тиск в приводі, а лише діє на датчики, які передають сигнал електронному блоку керування (ЕБК). В свою чергу, ЕБК направляє цей сигнал на колісні модулятори. Модулятори регулюють гальмівне зусилля на кожному колесі окремо, причому конструкція виконавчих механізмів аналогічна гальмовим пристроям АБС. Необхідний робочий тиск створюється

модулятором тиску. З метою підвищення безпеки при будь-яких несправностях в системі гальмівний тиск може бути створений, як звичайно, в гальмівному контурі з головним гальмівним циліндром. В автомобіль, оснащений таким обладнанням, можуть бути вбудовані крім АБС, TCS і ESP, ще й системи адаптивного круїз-контролю та автоматичного паркування.

Контрольні запитання

1. Призначення, будова та робота АБС, їх класифікація.
2. Особливості функціонування електронних регуляторів гальмівних зусиль.
3. Датчики та виконавчі механізми гальмових систем.
4. Будова та принцип роботи повністю електронних гальм автомобілів.
5. Особливості технічного обслуговування гальмових систем з електронним керуванням.
6. Призначення та принцип дії систем контролю динаміки автомобілів.
7. Принципові відмінності в роботі і будові електронних гальм вантажних та легкових автомобілів.

12.5 Інформаційні контрольно-діагностичні системи

Мета роботи: вивчити призначення, будову, конструктивні елементи, особливості функціонування та перспективи розвитку інформаційних контрольно-діагностичних систем (ІКДС) автомобілів.

Зміст роботи

Вивчити:

- призначення і структуру ІКДС;
- засоби відображення інформації;
- системи забезпечення зв'язку;
- вбудовані засоби діагностування.

Записати:

- модель автомобіля та загальну характеристику ІКДС;
- склад бортової ІКДС та її функціональні можливості;
- характеристики вбудованих засобів діагностування та використовуюваного контролера зв'язку;
- бортові засоби телематики.

Накреслити:

- блок-схему ІКДС;
- схему системи внутрішнього зв'язку;
- блок-схему інформаційної панелі.

Методичні вказівки

Автомобільна ІКДС є складовою частиною сучасного автомобіля і призначена для збирання, обробки, зберігання та відображення інформації про режим руху і технічний стан автомобіля, а також про навколишні зовнішні фактори.

В інформаційну систему входять декілька підсистем, включаючи бортові засоби діагностування, навігаційну систему, систему зв'язку автомобіль – дорога, цифровий аудіо- та відеокомплекс, систему передачі термінової інформації водію по радіо. На бортовий комп'ютер поступають також сигнали від компаса, датчика обертання коліс, датчика положення керма та багатьох інших.

Сучасні інформаційні системи водія з їх широкими можливостями усе частіше називають телепатичними (утворено від слів телекомунікації та інформатика). Телематичні системи – це пристрої для обміну інформацією між системами автомобіля, водієм та навколишнім світом: бортовий комп'ютер, навігаційна система, засоби зв'язку та моніторингу і т.д. Електронні блоки керуванні агрегатами автомобіля (двигун, трансмісія, гальма з АБС та інші) видають інформацію системам телематики по шинах даних, наприклад через бортовий контролер CAN та автомобільну мультимедію систему зв'язку. В 2010 році практично всі автомобілі будуть мати мінімальний пакет телематики.

Вбудовані засоби діагностування контролюють технічний стан агрегатів, вузлів і автомобіля в цілому. В результаті формуються рекомендації щодо продовження роботи автомобіля на лінії або постановлення його на технічне обслуговування і поточний ремонт, виконання дрібного ремонту самим водієм в межах щоденного обслуговування.

Вбудовані засоби діагностування підрозділяються на:

- системи датчиків і контрольних точок, які забезпечують виведення сигналів на зовнішні засоби діагностування;
- бортові системи контролю для допускового контролю параметрів функціонування і технічного стану з виведенням результатів тільки на дисплеї в кабіні водія;
- автономні вбудовані засоби, які можуть також комплексно працювати зі стаціонарними інформаційними центрами керування.

Система зв'язку автомобіль – дорога забезпечує передачу повідомлень від дорожніх інформаційних служб автомобілю по радіо. Система являє собою інфраструктуру із приймачів та передатчиків невеликої потужності на дорогах і засобів генерації повідомлень. Локальні приймачі та передавачі мають обмежений набір фіксованих повідомлень. Різні повідомлення може генерувати стаціонарний комп'ютер і передавати їх до локальних точок (наприклад, про затори на маршрутах). Приймачі та передавачі інформаційної системи можуть також автоматично отримувати відомості від інших автомобілів за допомогою встановлених на них транспондерів.

Транспондер – це спеціальний автоматичний прийомопередатчик, який встановлюється на рухомих об'єктах. У відповідь на кодове повідомлення транспондер передає потрібну інформацію про об'єкт, на якому він встановлений. В автомобілі транспондери використовуються для дистанційної оплати проїзду по шосе, отримання інформації про завантаження вантажівок і т.д. Є можливість дистанційно отримувати і передавати інформацію від бортової системи діагностування сервісним підприємствам. У випадку виявлення відхилень, водій попереджається відповідним текстом на дисплеї або озвученням цього тексту комп'ютером.

Цифровий аудіо-відео комплекс – CD(DVD)-програвач, радіоприймач – має в основному розважальне призначення.

Система передачі повідомлень по радіо використовує додатковий канал в УКХ-діапазоні, що потребує спеціального приймача. По радіоканалу передається різна попереджувальна інформація. Є можливість передачі корегувальної інформації для даної місцевості до сигналів від супутникової глобальної системи позиціонування. Це дозволяє збільшити точність визначення координат автомобіля з ± 100 метрів до ± 5 метрів.

Технології для організації такої інформаційної системи існують уже сьогодні. Потрібне створення необхідної та економічно виправданої інфраструктури, а також системи генерації повідомлень.

Контрольні запитання

1. Призначення ІКДС та її основні складові.
2. Можливості і сфера контролю технічного стану вбудованими засобами.
3. Класифікація вбудованих засобів діагностування.
4. Автомобільні телепатичні системи.
5. Можливості та сфера застосування бортових комп'ютерів.
6. Бортові засоби відображення інформації.
7. Протокол CAN та автомобільна мультиплексна система.
8. Перспективні засоби введення та відображення інформації.

12.6 Охоронні системи

Мета роботи: вивчити призначення, класифікацію, будову та особливості функціонування автомобільних охоронних систем.

Зміст роботи

Вивчити:

- призначення та класифікацію автомобільних охоронних систем;
- конструкцію автомобільних сигналізацій та основні режими їх роботи;
- сервісні системи автомобільних сигналізацій;
- датчики охоронних систем;
- додаткові пристрої охоронних систем;

- призначення, будову та роботу іммобілайзерів;
- призначення та роботу пристроїв викривання кодів сигналізацій;
- особливості конструкції та можливості механічних протиугінних систем.

Записати:

- модель автомобіля, тип та технічну характеристику охоронної системи;
- особливості конструкції та робочого процесу охоронної системи, перелік та призначення використовуваних датчиків.

Накреслити:

- функціональну схему протиугінної системи;
- схему підключення іммобілайзера.

Методичні вказівки

Електронні протиугінні системи є стандартним обладнанням на більшості нових автомобілів і можуть встановлюватися на випущені раніше. Ціна протиугінних систем залежить від рівня захисту, який вони пропонують. Протиугінні системи повинні бути ефективними, надійними, мати тривалий термін служби, бути стійкими до зовнішніх впливів, наприклад, до радіоперешкод. Встановлення протиугінної системи не повинно погіршувати безпеку автомобіля.

Протиугінні системи реалізують захист автомобіля на трьох рівнях.

1. Захист по периметру. Система периметричного захисту використовує мікрОВимикачі для контролю за елементами автомобіля, які відкриваються (двері, капот, багажник). При намаганні несанкціоновано відкрити панелі вмикається звуковий та світловий сигнали. Іноді система доповнюється датчиками, здатними виявити рух тіла.

2. Захист по об'єму. Система за допомогою інфрачервоних, ультразвукових або мікрохвильових датчиків виявляє несанкціонований рух в салоні автомобіля. Ультразвукові датчики використовують ефект Доплера, коли будь-який рух в салоні змінює частоту сигналу ультразвукового випромінювача (40 кГц), що приймається приймачем. Мікрохвильова радіосистема працює за тим же принципом, але радіосигнал випромінюється на частоті 10 ГГц. Мікрохвильові датчики рідше помилково реагують на рух повітря і часто встановлюються в кабіолетах. Інфрачервоні датчики являють собою пару приймач – випромінювач і монтуються на стелі салону. Вони створюють невидиму інфрачервону завісу до підлоги салону. Приймач постійно контролює відбитий сигнал і при його зміні (хтось з'явився в салоні) вмикається сигнал тривоги.

3. Іммобілізація двигуна. Іммобілізація здійснюється спеціальним електронним блоком керування, який забороняє запуск двигуна при отриманні сигналу тривоги. Це може бути виконано двома способами:

а) апаратною іммобілізацією, при якій деякі електричні ланцюги системи пуску двигуна розриваються спеціальними реле або напівпровідниковими перемикачами. Ефективність апаратних систем

імобілізації дуже залежить від скритності реле та немаркованих проводів в джгуті. Скритність необхідна для того, щоб неможливо було шунтувати створені цими пристроями розриви в ланцюгу;

б) програмною імобілізацією, коли за командою протиугінної системи електронний блок керування двигуна забороняє його запуск, наприклад, робить недосяжними калібрувальні діаграми подачі палива і запалювання. Після цього двигун хоча і буде провертатися стартером, але не запуститься. Такі системи дуже ефективні, потрібно тільки виключити можливість запуску шляхом заміни електронного блока керування двигуна на інший роботоздатний блок.

Крім електронних систем існують механічні протиугінні пристрої – замки, які забезпечують надійне закриття перемикача передач, та блокувачі капота і багажника. Найбільше розповсюдження отримав протиугінний замок закриття перемикача передач Mul-T-Lock, який має 5 ступенів захисту: від підробки ключа шляхом виготовлення зліпків, від виготовлення дублікатів ключа при відсутності магнітної карти, від свердління, від розпилювання чи різання, від зварювання і обробки азотом.

Склад протиугінних пристроїв, які входять в стандартну комплектацію, залежить від моделі автомобіля. В усіх випадках автомобіль комплектується засобами периметричного захисту, багато протиугінних систем включає імобілайзер та захист по об'єму. Звичайно протиугінна система вмикається і вимикається ключем замка дверей або з дистанційного пульта, що керує також центральним замком. Після паркування автомобіля, водій закриває двері і вмикає протиугінний пристрій натисненням кнопки на дистанційному пульті керування. Світлодіодний індикатор вмикання протиугінної системи починає спалахувати: спочатку часто, інформуючи водія про ввімкнення системи, потім рідко, лякаючи потенційних викрадачів. При спробі несанкціонованого проникнення в автомобіль протиугінна система вмикає звуковий сигнал, періодично запалює і гасить фари, імобілайзер блокує роботу двигуна. Приблизно через 30 секунд звукові і світлові сигнали припиняються, щоб не розрядити надмірно акумуляторну батарею, імобілайзер залишається включеним до тих пір, поки власник автомобіля не виключить його дверним ключем чи з дистанційного пульта керування.

Контрольні запитання

1. Особливості конструкції автомобільних сигналізацій.
2. Основні режими роботи сигналізацій.
3. Сервісні системи автомобільних сигналізацій.
4. Контактні датчики.
5. Датчики битого скла.
6. Датчики удару (вібрацій).
7. Датчики нахилу.
8. Датчики спаду напруги, стрибків струму, обриву живлення.
9. Датчики руху.
10. Об'ємні датчики.
11. Додаткові пристрої охоронних систем.

12. Будова та особливості роботи імобілайзерів.
13. Пристрої викривання кодів сигналізацій.
14. Механічні протиугінні системи.

12.7 Системи навігації та зв'язку

Мета роботи: вивчити призначення, будову, функціональні можливості та особливості робочого процесу систем навігації та зв'язку.

Зміст роботи

Вивчити:

- призначення та основні функції систем навігації і зв'язку;
- структуру та складові компоненти систем навігації і зв'язку;
- датчики навігаційних систем;
- призначення та особливості роботи гіроскопів;
- методи навігаційного обчислення;
- особливості використання електронних карт та порядок вибору оптимального маршруту;
- супутникові системи позиціонування та місцезнаходження рухомих об'єктів.

Записати:

- модель автомобіля, тип та технічну характеристику системи навігації і зв'язку;
- робочий процес навігаційної системи;
- перелік та призначення використовуваних датчиків та додаткового обладнання.

Накреслити:

- структурну схему системи навігації і зв'язку;
- схему дії навігаційної системи.

Методичні вказівки

Системи навігації і зв'язку призначені для обробки інформації про місцезнаходження автомобіля з метою знизити час та вартість поїздки, забезпечити водію можливість оптимальним чином корегувати свій маршрут. Загальним для сучасних навігаційних систем є поєднання декількох основних функцій:

- визначення місця знаходження;
- вибір пункту призначення;
- обчислення маршруту руху;
- маршрутизація (просування по маршруту).

Ці функції реалізуються за рахунок використання методів навігаційного обчислення, методів визначення місцезнаходження автомобілів та супутникової системи позиціонування. За допомогою навігаційного обчислення визначають відносне положення автомобіля і напрямок його руху за інформацією, отриманою з датчиків швидкості обертання коліс та азимуту.

Конфігурація ділянки, пройденого шляху, отримана за допомогою навігаційного обчислення, порівнюється з конфігурацією доріг, нанесених на карту. Визначивши дорогу, по якій рухається автомобіль, система знаходить і його поточні координати з точністю до ± 100 м, що для практичних цілей достатньо. Більш точне визначення координат автомобіля на карті виконується за допомогою супутникової системи позиціонування по широті і довготі. Вона дає змогу визначити координати автомобіля з точністю до ± 10 м.

Автомобільна навігаційна система повинна мати в своєму складі датчики пройденого шляху і напрямку руху. Датчик пройденого шляху – це та чи інша конструкція електронного одометра, інформація в який поступає з датчиків швидкості обертання коліс. Одометри можуть допускати ряд похибок, які потрібно корегувати. До них відносяться.

1. Різниця в діаметрах нової і зношеної шини дає похибку у визначенні пройденої дистанції до 3%.

2. За рахунок збільшення діаметра покришки від відцентрової сили на кожні 40 км/год швидкості автомобіля похибка у визначенні пройденої дистанції збільшується на 0,1 ... 0,7%.

3. Зміна тиску в шинах на 690 кПа збільшує похибку на 0,25 ... 1,1%.

Для визначення напрямку руху автомобіля звичайно використовують датчик азимуту, датчик швидкості обертання коліс, гіроскопи.

За складністю виконання системи навігації і зв'язку поділяються на:

- автономні (маршрутні комп'ютери) – забезпечують інформацією про подолану дистанцію, середню швидкість руху і витрату палива та їх миттєві значення, шлях, який можна пройти без дозаправлення та інші необхідні водію параметри в автономному режимі;

- з одностороннім зв'язком – здатні забезпечити дорожньою інформацією (про погодні умови, зведення ДТП, обмеження швидкості) на обраному маршруті, оскільки мають канал зв'язку з центром керування;

- із двостороннім зв'язком – забезпечують можливість обміну інформацією між будь-яким водієм, автомобіль якого обладнаний такою системою, і центром керування.

Необхідність застосування навігаційної системи тієї чи іншої складності визначається споживачем шляхом оцінювання таких параметрів: потрібна зона роботи системи (глобальна, регіональна, локальна); тип транспортного засобу, роботу якого потрібно контролювати; необхідна частота оновлення інформації про рухомий об'єкт; перелік задач, які потребують розв'язку в системі.

Контрольні запитання

1. Основні функції сучасних систем навігації і зв'язку.
2. Структура і складові частини навігаційних систем.
3. Датчики навігаційних систем.
4. Призначення та робочий процес автомобільних гіроскопів.
5. Методи навігаційного обчислення та маршрутизації.
6. Методи визначення місцезнаходження автомобілів.
7. Супутникові системи позиціонування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Говорущенко Н. Я. Экономическая кибернетика транспорта / Н. Я. Говорущенко, В. Н. Варфоломеев. – Харьков : РИО ХГАДТУ, 2000. – 218 с. – ISBN 966-7428-21-8.
2. Говорущенко Н. Я. Техническая кибернетика транспорта / Н. Я. Говорущенко, В. Н. Варфоломеев. – Харьков : РИО ХГАДТУ, 2001. – 271 с. – ISBN 966-7839-23-0.
3. Говорущенко Н. Я. Системотехника транспорта / Н. Я. Говорущенко, А. Н. Туренко. – Харьков : РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с. – ISBN 966-7427-21-8.
4. Туренко А. Н. История инженерной деятельности. Развитие автомобилестроения: уч. пособ. / А. Н. Туренко, В. А. Богомолов, В. И. Клименко. – Харьков : ХГАДТУ, 1999. – 252с.
5. Автомобильный справочник BOSCH. Перевод с англ. – Москва : За рулем, 2004. – 992 с. – ISBN 5-85907-327-5.
6. Данов Б. А. Электронные системы управления иностранных автомобилей / Б. А. Данов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 224 с. – ISBN 5-93517-085-X.
7. Сосин Д. А. Новейшие автомобильные электронные системы / Д. А. Сосин, В. Ф. Яковлев – Москва : Солон-Пресс, 2005. – 240 с. – ISBN 5-98003-201-0.
8. Сига Х. Введение в автомобильную электронику / Х. Сига, С. Мидзутани. – Москва: Мир, 1989. – 232 с. – ISBN 5-03-000367-3.
9. Федосов В. П. Автомобильная электроника : уч. пособ. / В. П. Федосов, В. Д. Сытенький. – Таганрог : ТРТУ, 1998. – 73 с.
10. Петров В. М. Электрооборудование, электронные системы и бортовая диагностика автомобилей : уч. пособ. / В. М. Петров, И. Ф. Дьяков. – Ульяновск: УлГТУ, 2005. – 115 с.
11. Технические системы обеспечения безопасности дорожного движения / [Комаров В. М. и др.]. – Москва : Транспорт, 1990. – 351 с.
12. Поляк Д. Г. Электроника автомобильных систем управления / Д. Г. Поляк, Ю. К. Есеновский–Лашков. – Москва : Машиностроение, 1987. – 199 с.
13. Кучер В. П. Диагностика японских автомобилей / В. П. Кучер. – Москва : Легион–Автодата, 2002. – 176 с. – ISBN 5-88850-146-8.
14. Твег Р. Диагностика электронной системы управления двигателя автомобиля: руководство по техническому обслуживанию и ремонту / Росс Твег. – Москва : Астрель, 2003. – 144 с. – ISBN 5-271-05883-2.
15. Афонин С. В. Устройство и диагностика автоматических коробок передач легковых автомобилей. Переднеприводные, заднеприводные, полноприводные : практ. руководство / С. В. Афонин – Ростов-на-Дону : ПОНЧиК, 2000. – 136 с. – ISBN 5-8069-0011-8.
16. Андрианов В. И. Автомобильные охранные системы : справ. пособ. / В. И. Андрианов, А. В. Соколов – Санкт-Петербург : Арлит, 2000. – 272 с. – ISBN 5-8206-0121-1.

17. Воловник А. А. Знакомьтесь, информационные технологии / А. А. Воловник. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2002. – 352 с. – ISBN 5-94157-182-8.
18. Литвиненко В. В. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник / В. В. Литвиненко, А. П. Майструк. – Москва : За рулем, 2004. – 176 с. – ISBN 5-85907-353-4.
19. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Лотфи Заде. - М. : Мир, 1976. – 165 с.
20. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей. Примеры использования / А. Н. Борисов, О. А. Крумберг, И. П. Федоров.- Рига : Зинатне, 1990. – 184с.
21. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 230с. – ISBN 966-7199-49-5.
22. Intel, “Fuzzy Anti-Lock Braking System,” developer.intel.com/design/MCS96/DESIGNEX/2351.htm, 1996.
23. N. Matsumoto et al., “Expert antiskid system,” IEEE IECON’87, 810–816, 1987.
24. H. Kawai et al., “Engine control system,” Proc. of the Int’l Conf. on Fuzzy Logic and Neural Networks, Iizuka, Japan, 929–937, 1990.
25. “Benchmark Suites for Fuzzy Logic” http://www.fuzzytech.com/e_dwnld.htm, 1997.
26. H. Takahashi, K. Ikeura, and T. Yamamori, “5-speed automatic transmission installed fuzzy reason-ing,” IFES’91–Fuzzy Engineering toward Human Friendly Systems, 1136–1137, 1991.
27. P. Sakaguchi et al., “Application of fuzzy logic to shift scheduling method for automatic transmis-sion,” 2nd IEEE Int’l. Conf. on Fuzzy Systems, 52–58, 1993.
28. C. von Altrock, B. Krause, and H.-J. Zimmermann, “Advanced fuzzy logic control of a model car in extreme situations,” Fuzzy Sets and Systems, 48:1, 41–52, 1992.
29. L. I. Davis et al., “Fuzzy Logic for Vehicle Climate Control,” 3rd IEEE Int’l. Conf. on Fuzzy Sys-tems, 530–534, 1994.
30. J.-P. Aurrand-Lions, M. des Saint Blancard, and P. Jarri, “Autonomous Intelligent Cruise Control with Fuzzy Logic,” EUFIT’93–1st Eur. Congress on Fuzzy and Intelligent Technologies, Aachen, 1–7, 1993.
31. http://www.fuzzytech.com/e_a_spe.htm.
32. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / [под ред. В. Н. Харисова, А. И. Перова, В. А. Болдина]. – М. : ИПРЖР, 1998. – 400 с. – ISBN 5-88070-004-6.

ГЛОСАРІЙ

Автомобіль (car)

Самохідна машина, що приводиться в рух за допомогою встановленого на ній двигуна.

Безпека активна транспортного засобу (active safety)

Властивість транспортного засобу, яка знижує ймовірність виникнення дорожньо-транспортної пригоди.

Безпека пасивна транспортного засобу (passive safety)

Властивість транспортного засобу, яка знижує тяжкість наслідків дорожньо-транспортної пригоди.

Блок електронний керування (ЕБК) (electronic control unit (ECU))

Блок, який складається з електронних елементів та використовується для автоматичного керування яким-небудь процесом, пристроєм.

Брелок (передатчик) (sender)

Мініатюрний пристрій, який призначений для формування і передачі кодованих команд керування сигналізацією.

Гідротрансформатор (hydrotransformer, torque converter)

Механізм (лопатевий насос, напрямний апарат і гідротурбіна), що з допомогою рідини (води, мастила) передає або перетворює обертальний рух.

Датчик (1 - sensing element, 2 - sensor)

1. Частина вимірювального приладу, яка перетворює неелектричний сигнал в електричний.
2. Індикаторний пристрій.

Датчик битого скла (beaten glass sensor)

Пристрій, який реагує на характерний звук розбитого скла. Це датчики мікрофонного типу, які можуть бути однорівневими чи дворівневими. Спрацьовування такого датчика значно залежить від типу скла, його товщини і розташування мікрофона. Однорівневий датчик реагує на звук розбитого скла, дворівневий – реєструє звук удару і дзвін розбитого скла і спрацьовує при реєстрації цих двох сигналів з інтервалом не більше 150 мс.

Датчик зміни об'єму (volume changing sensor)

Пристрій, який призначений для реєстрації зміни тиску в салоні автомобіля, яка виникає, наприклад, при відкриванні дверей чи скла автомобіля. Цей датчик має дуже високу чутливість і в зв'язку з цим можливі його помилкові спрацьовування, особливо при охолодженні салону автомобіля в зимовий період. В автомобільних охоронних системах використовується дуже рідко.

Датчик інфрачервоний (infrasonic sensor)

Пристрій, який оберігає тільки салон автомобіля. Його дія основана на реєстрації інтерференційної картини хвиль інфрачервоного діапазону. Цей датчик здатний контролювати закриті приміщення великого об'єму, тому рекомендується для встановлення в салонах мікроавтобусів, фургонів і т.п. Основний недолік – великий струм споживання порівняно з іншими об'ємними датчиками.

Датчик контактний (contact sensor)

Датчик, який призначений для захисту дверей, капота і багажника автомобіля. Як такі датчики звичайно використовують штатні кнопкові вимикачі.

Датчик мікрохвильовий (microwave sensor)

Пристрій, який призначений для виявлення руху всередині салону та поблизу автомобіля. Тому його ще називають двозонним датчиком. Перша зона охорони знаходиться за межами автомобіля, а друга – в салоні. Принцип дії оснований на реєстрації змін інтерференційної картини радіохвиль сантиметрового діапазону (прозорого для скла автомобіля), яка формується передавачем. Пристрій потребує точних регулювань чутливості в першій зоні з метою мінімізації помилкових спрацьовувань.

Датчик нахилу (gradient sensor)

Пристрій, який складається з двох магнітів і котушки. Один магніт закріплений нерухомо в основі котушки, а інший – підвішаний в магнітному полі першого. При нахилі корпусу датчика другий магніт зміщується відносно першого, що приводить до зміни магнітного поля, в якому знаходиться котушка. В обмотці котушки наводиться електрорушійна сила, яка підсилюється і є інформаційним сигналом датчика. Цей датчик в основному використовується на мотоциклах.

Датчик обриву живлення (breaking supply sensor)

Пристрій, який спрацьовує при обриві ланцюга живлення (від'єднанні клем акумулятора) і вмикає сигналізацію при наявності автономного джерела живлення.

Датчик руху (proximity sensor)

Пристрій, який спрацьовує при попаданні об'єкта, який випромінює тепло (людини), в зону охорони датчика. Датчик має зону чутливості в просторі 90°-110° і є стійким до помилкових спрацьовувань завдяки складній цифровій обробці сигналів та наявності вбудованого процесора.

Датчик спаду напруги (falling voltage sensor)

Пристрій, який в режимі охорони контролює напругу бортової мережі автомобіля. При виникненні значних коливань напруги (наприклад, при відкриванні дверей) датчик видає відповідний сигнал в блок керування охоронної системи. Цей датчик вбудовується в центральний блок і входить у склад базової комплектації охоронних систем.

Датчик струму (current sensor)

Пристрій, який працює аналогічно датчику спаду напруги, але в режимі охорони він реєструє коливання струму, яке виникає при підключенні додаткового навантаження до джерела живлення. Цей датчик повинен мати дуже високу чутливість до малих коливань струму, тому в охоронних системах використовується достатньо рідко.

Датчик удару або вібрації (shock sensor)

Пристрій, який реєструє вібрацію і удари по корпусу автомобіля. Якщо амплітуда перевищує задану величину, то спрацьовує сигналізація. Датчик працює на основі п'єзоефекту або електромагнітної індукції, коли постійний магніт пересувається вздовж обмотки котушки і тим самим наводить в ній змінний струм.

Датчик ультразвуковий (ultrasonic sensor)

Пристрій, який призначений для виявлення пересувань в салоні автомобіля. Його дія ґрунтується на інтерференції ультразвукових коливань. В склад датчика входять випромінювач на ультразвуковій частоті і приймач, які рознесені в салоні автомобіля. При проникненні якогось об'єкта в салон стійкість інтерференційної картини біля приймача порушується і формується сигнал тривоги. Основним недоліком цього датчика є помилкове спрацьовування при виникненні конвекційних потоків повітря в системі опалення автомобіля.

Двигун (engine)

Машина, яка перетворює будь-який вид енергії в механічну роботу.

Діагностика технічна (technical diagnostics)

Розглядає будь-який об'єкт як потенційне джерело несправностей (відмов), які повинні бути виявлені і локалізовані.

Електродвигун безконтактний (безщітковий) (brushless electric motor)

Синхронний двигун (електрична машина), оснований на принципі частотного регулювання з самосинхронізацією, принцип якого полягає в керуванні вектором магнітного поля статора в залежності від положення ротора.

Електродвигун колекторний (collector electric motor)

Електрична машина в якій датчиком положення ротора і перемикачем току в обмотках є один і той же пристрій – щітковоколекторний вузол.

Зв'язок транковий (trunked radio)

Система багатоканального радіозв'язку для використання різними суб'єктами, яким необхідний надійний двосторонній зв'язок між мобільними абонентами, наприклад, міліції, швидкій допомозі, пожежній охороні, великим приватним організаціям. Основна задача транкового зв'язку – забезпечення надійним зв'язком на території міста і прилеглих районів. У транкових радіотелефонів значно більше можливостей, ніж у мобільних телефонів і пейджерів. Вони працюють на відстані до 50 км від бази, а між собою їх власники можуть спілкуватися на відстані 100 км один від одного.

Змінна лінгвістична (linguistic variable)

Змінна, поточними значеннями якої є нечіткі підмножини, виражені у формі слів або речень природною або штучною мовою, тобто якісні терми.

Зчеплення (clutch)

Призначене для короткочасного роз'єднання вала двигуна від трансмісії і наступного їх плавного з'єднання, що звичайно необхідно при рушанні автомобіля з місця та після перемикання передач під час руху.

Імобілайзер (immobilizer)

Протиугінний пристрій, який забороняє запуск двигуна при отриманні сигналу тривоги шляхом використання апаратних чи програмних засобів.

Індикатор проекційний бортовий (head-up display (HUD))

Система, яка призначена для відображення інформації на лобовому склі автомобіля без обмеження обзору водія.

Інформація (information)

Це цілеспрямоване повідомлення про зміну будь-якого фізичного параметра.

Керування (control, administration)

Адміністрування розподілених транспортних систем, дія об'єкта спрямована на зміну та маніпуляцію іншими об'єктами відповідно до розробленої наперед програми.

Кібернетика економічна (economical cybernetics)

Науковий напрямок, який розглядає економіку в цілому, а також структурні й функціональні ланки і є теоретичною основою створення автоматизованих систем керування (АСК).

Кібернетика технічна (engineering cybernetics)

Науковий напрямок, що вивчає способи поведінки окремих реальних механізмів машин та інших підсистем у різних умовах їхньої роботи. Особлива увага приділяється інформаційним процесам (теорія інформації, ентропія), методам підвищення надійності та довговічності, діагностиці та прогнозуванню технічного стану, створенню робототехнічних систем.

Клапан PDC (pneumatic damping control clapper)

Клапан, який застосовується в підвісках для регулювання дорожнього просвіту. Клапан PDC має малий гідравлічний опір, завдяки чому частина мастила пружного елемента спрямовується в обхід відповідного клапана демпфування. Тим самим зменшується зусилля демпфування. Гідравлічний опір клапана PDC знаходиться в певній залежності від тиску в пневматичному пружному елементі.

Код динамічний (dynamic code)

Спосіб кодування команд керування радіобрелоків, при якому код кожної наступної команди відрізняється від попередньої.

Контролер (controller) (анг. "управитель")

Пристрій, який виконує не тільки функції тестера, але й здійснює ряд вимірювань: визначають пройдений шлях, вибирають оптимальний режим руху, визначають строки заміни мастила двигуна з урахуванням його марки та режимів роботи.

Контролер зв'язку бортовий (controller area network (CAN))

Стандарт промислової мережі, який орієнтовано на об'єднання в єдину мережу різноманітних виконавчих пристроїв і датчиків. Режим передачі – послідовний, широкотрансляційний, пакетний.

Коробка передач автоматична (automatic transmission)

Різновид коробки передач автомобілів, в яких передбачене автоматизоване перемикання передач і характерна конструкція механічної частини. Більшість коробок складаються з гідротрансформатора, планетарних редукторів, фрикційних та обгінних муфт і з'єднувальних валів та барабанів.

Логіка нечітка (теорія нечітких множин) (fuzzy logic)

Розділ математики, який поєднує класичну логіку і теорії множин.

Машина електронна обчислювальна (ЕОМ) (computer)

Загальна назва для обчислювальних машин, що є електронними (починаючи з перших лампових машин, включаючи напівпровідникові тощо) на відміну від електромеханічних (на електричних реле тощо) та механічних обчислювальних машин.

Механізми виконавчі (кінцеві елементи керування) (industrious mechanism)

Механізми, які формують зв'язок між електричним сигналом процесора і реальною дією. Вони перетворюють малопотужні сигнали, що передають інформацію про розташування елементів виконання, в робочі сигнали відповідного для процесу керування енергетичного рівня.

Мехатроніка (від слів «механіка» і «електроніка») (mechatronics)

Галузь, об'єднуюча механічні, електронні і інформаційні технології. Приклади: керування роботою двигуна з іскровим запаленням і дизеля, системами ABS і ASR, підвіскою, системами рульового керування, верстатами з ЧПК і промисловими роботами.

Оптимізатор (optimizer)

Бортовий комп'ютер високого рівня. Ці комп'ютери можуть не тільки діагностувати технічний стан, але й здійснювати керування системами впорскування палива та запалювання, вибирати найбільш оптимальні режими роботи двигуна, при яких досягається мінімальна витрата палива і викид шкідливих речовин з відпрацьованими газами. Вони можуть сигналізувати про необхідність, наприклад, заміни мастили або ремня газорозподільного механізму, запам'ятовувати коди критичних помилок і час їхнього виявлення.

Організм кібернетичний (кіборг) (cybernetic organism)

Об'єднання функцій людини і автомата, в яких можливий симбіоз інтелектуальних і фізичних дій людини та технічних засобів автоматики.

Перетворювач функціональний (functional changer)

Пристрій або програма, яка реалізовує залежність $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, де y – вихідна величина; x_i – вхідні величини, $f(\dots)$ – залежність, що реалізується.

Підвіска гідроневматична (hydropneumatic suspension)

Тип підвіски, в якій пружними елементами є рідина і стиснутий газ.

Правила продукційні (production rules)

Правила, які зв'язують вхідні і вихідні лінгвістичні змінні, це типові умовні оператори в короткій формі (без ІНАКШЕ).

Пригода дорожньо-транспортна (ДТП) (traffic accident)

Подія, що сталася під час руху транспортного засобу, внаслідок якої загинули або поранені люди чи задані матеріальні збитки. Дорожньо-транспортні події класифікуються за видами і за ступенем тяжкості наслідків.

Пристрої запам'ятовуючі з програмами (application-specific integrated circuit (ASIC))

Спеціалізовані інтегральні схеми для вирішення конкретних задач, які використовуються саме в конкретному пристрої і виконують обмежені функції притаманні лише цьому пристрою.

Резистори спечені керамічні (negative temperature coefficient resistor (NTC))

Термопровідники, які виготовляються з оксидів важких металів і окисдованих змішаних кристалів (спікаються в гранулу або пластинку) і відносяться до напівпровідникових матеріалів з оберненою експоненціальною характеристикою.

Резистори товстоплівкові (PTC/WTC)

Термопровідники, які мають товстоплівкові покриття з високим питомим опором (малою площею поверхні) і додатними та від'ємними температурними коефіцієнтами в температурних датчиках, які використовуються, головним чином, з метою компенсації.

Резистори тонкоплівкові металеві (positive temperature coefficient resistor (PTC))

Термопровідники, які об'єднані на одній пластині-підкладці з двома додатковими температурно-нейтральними резисторами настроювання, мають більший термін служби і високу точність, оскільки після виготовлення можуть настроюватися лазерами на потрібну характеристику з мінімальними допусками.

Сенсор (sensor)

Термін системи керування, первинний перетворювач, елемент вимірювального сигнального, регулюючого чи керуючого пристрою системи, який перетворює величину, що контролюється, в зрозумілий для використання сигнал.

Сигнал електричний (electric signal)

Фізичний процес, при якому носієм інформації є струм, що змінюється в часі, чи напруга в електричному колі.

Система автоматичного (автоматизованого) визначення місця розташування транспортних засобів (automatic vehicle location system (AVL))

Система, що застосовується у ряді технологій, для того, щоб відстежити шлях або виявити транспортний засіб (визначити координати та переміщення транспортного засобу), для оперативного керування і контролю, планування і охорони транспортних засобів.

Система адаптивного круїз-контролю (adaptive cruise control (ACC) system)

Система, яка підтримує постійну швидкість руху автомобіля, слідує за відстанню до автомобіля, який рухається попереду і при необхідності вмикає гальмівну підсистему. Дана система залежить від таких систем безпеки автомобіля як ABS та ESP.

Система багатоточкового впорскування палива (multi point injection system)

Система, в якій кожен циліндр має свою форсунку, паливо впорскується безпосередньо на впускний клапан кожного циліндра.

Система безперервного впорскування (continuous injection system)

Система, в якій форсунка працює постійно, змінюється лише її продуктивність.

Система впорскування з електронним керуванням (EFI - electronic fuel injection system)

Система, яка при використанні датчика вмісту кисню у вихлопних газах (λ -зонду), дозволяє забезпечити для кожного циліндра дуже стабільне ($\pm 0,5\%$) дотримання оптимального співвідношення за масою палива, що подається, і повітря, що всмоктується (1:14,65 для бензину).

Система впорскування палива електронно-механічна KE-Jetronic (electronic-mechanical injection system)

Це та ж система K-Jetronic, доповнена електронікою, що управляє роботою бензонасоса і дозатора-розподільника. Електроніка забезпечує точніше керування впорскуванням в різних режимах роботи двигуна.

Система впорскування палива механічна K-Jetronic (mechanical injection system)

Система, в якій маса палива, що впорскується, визначається дозуючим розподільним пристроєм, від якого паливо поступає у форсунку, що відкривається при певному тиску. Потім відбувається постійне впорскування палива.

Система впорскування палива «Bosch Motronic» (injection system Bosch Motronic)

Система, яка контролює систему впорскування палива та запалювання двигуна - систему впорскування, в блок керування якої інтегровані функції двох систем – запалювання і впорскування палива.

Система впорскування Common Rail (injection system common rail)

Особливістю конструкції цієї системи впорскування є розділення функцій створення високого тиску і регулювання впорскування. Тиск впорскування створюється і регулюється в автономному паливному насосі високого тиску незалежно від частоти обертання двигуна і величини циклової подачі палива.

Система впорскування UIS (unit injector system)

В даній системі насос і форсунка об'єднані в один агрегат. Привід насос-форсунки здійснюється від кулачка розподільного вала. Регулювання параметрів впорскування відбувається за допомогою електромагнітного клапана високого тиску.

Система впорскування UPS (unit pump system)

Система, яка принципово не відрізняється від системи UIS, тільки насос і форсунка не об'єднані в один агрегат, їх з'єднує коротка магістраль. Така конструкція полегшує монтаж системи на двигун і, відповідно, спрощує обслуговування і ремонт системи.

Система гальмова антиблокувальна (АБС) (antilock brake system (ABS))

Частина робочої гальмової системи, що запобігає блокуванню одного чи декількох коліс при гальмуванні автомобіля. Керування силами гальмування на колесах здійснюється на основі датчиків, що контролюють швидкість обертання кожного колеса безпосередньо чи за непрямыми параметрами.

Система електрогідравлічних гальм ЕНВ (electro hydraulic brake system)

Гальмова система, в якій гідравлічна система виконує силові функції, а керування процесом гальмування виконується за допомогою електричних сигналів, вона складається з блока виконавчих механізмів, гідравлічного модулятора тиску, датчиків, електронного блока і каналів керування.

Система електронна (electronic system)

Сукупність електронних пристроїв, пов'язаних загальною функцією в робочому процесі агрегату чи машини.

Система запалення електронна з високочастотним розрядом (electronic direct ignition system)

Система, яка запозичена у реактивних двигунів. При її створенні використані ті обставини, що напруга пробією для високочастотної (80...200 кГц) напруги виявляється в два-три рази менша, ніж для низькочастотної, і замість тонкої ниткоподібної іскри виходить кулястий розряд з істотно більшою поверхнею.

Система з розподіленням (багатоточковим) впорскуванням палива (multipoint fuel injection system)

Система, в якій форсунки встановлені у всмоктувальних патрубках кожного циліндра біля впускних клапанів.

Система з центральним впорскуванням палива (central fuel injection system)

Система, в якій розпилювальна форсунка одна на весь впускний колектор (іноді її доводиться доповнювати другою – пусковою форсункою, що працює при холодному двигуні і відключається із прогріванням).

Система керована (controlled system)

Система, яка складається з декількох керованих об'єктів. На транспорті керованою системою може бути завод або цех, станція технічного обслуговування з цехами і постами, контрольно-діагностичний комплекс, автомобіль, двигун, підвіска і так далі.

Система керування (control system)

Система, яка характеризується різними групами змінних: збуджуючими діями навколишнього середовища, змінними стану, керуючими змінними і спостережуваними змінними.

Система керування гальмівним моментом двигуна (motor schleppmoment regelung (MSR))

Система, яка встановлюється на дизельні двигуни і запобігає блокуванню ведучих коліс на слизькій дорозі у випадку, якщо водій раптово відпускає педаль акселератора.

Система керуюча (directing system)

Система, яка використовує засоби, що забезпечують виконання керованою системою певної мети.

Система контролю тягового зусилля (traction control system (TCS))

Електрогідравлічна система автомобіля, призначена для запобігання втрати тягового зусилля за допомогою контролю ведучих коліс, система контролює зчеплення з дорогою і чинить вплив на гальмову систему і дросельну заслінку.

Система навігації супутникова (global positioning system (GPS))

Глобальна система для визначення місця розташування об'єкта шляхом вимірювання відстані до нього щодо точок з відомими координатами – супутниками. Відстань вираховується за часом затримки сигналу, що розповсюджується, від супутника до антени GPS – приймача.

Система однокрещового впорскування палива (single point injection system)

Система центрального впорскування з електронним керуванням, яка містить лише одну електромагнітну форсунку, що встановлена перед дросельною заслінкою.

Система протибуксувальна (anti-slip regulation system (ASR))

Система, яка запобігає проковзуванню коліс при розгоні. У випадку проковзування механізм починає повільно закривати дросельну заслінку до тих пір, поки швидкість не зменшиться і колеса не повернуться до початкового стану зчеплення з дорогою.

Система протиугінна (antitheft alarm system)

Комплекс технічних засобів, які встановлюються на транспортні засоби (переважно автомобілі) для запобігання їх угонам і іншого несанкціонованого використання.

Система регулювання гальмівних зусиль ESP (electronic stability control system)

Система, що являє собою найбільш складний пристрій, який керує роботою антиблокувальної та протибуксувальної систем, контролює тягу і керує дросельною заслінкою. Блок електронного керування використовує інформацію від датчиків, які відслідковують роботу двигуна і трансмісії, швидкість обертання кожного колеса, тиск в гальмовій системі, кут повороту руля, поперечне прискорення.

Системи відновлення маршруту (route resuming system)

Системи, які вирішують задачу визначення маршруту або місць перебування транспортного засобу на основі даних, отриманих тим або іншим способом; подібні системи застосовуються при контролі переміщення транспортних засобів, а також з метою одержання статистичних даних про маршрути.

Системи впорскування палива електронні L-Jetronic, LH-Jetronic (і пізніші розробки - системи керування двигуном інтегровані M-Motronic, ME-Motronic) (electronic injection system)

Системи, в яких забезпечується переривисте (дискретне) впорскування палива через форсунки з електромагнітним керуванням. Кількість палива, що впорскується, визначається тривалістю відкриття форсунки при заданому тиску палива.

Системи диспетчерські (dispatcher system)

Системи, в яких здійснюється централізований контроль у певній зоні за місцем розташування і переміщення рухомих об'єктів у реальному масштабі часу одним або декількома диспетчерами, що знаходяться в стаціонарних обладнаних диспетчерських центрах; це можуть бути системи оперативного контролю переміщення патрульних автомашин, контролю рухомих об'єктів, системи пошуку викрадених автомобілів.

Системи дистанційного супроводу (distant support system)

Системи, в яких дистанційно контролюється переміщення рухомого об'єкта за допомогою спеціально обладнаної автомашини або іншого транспортного засобу; найчастіше такі системи використовуються при супроводі цінних вантажів або контролюється переміщення спеціальних транспортних засобів.

Системи з прямим (безпосереднім) впорскуванням палива (direct fuel injection system)

Системи, в яких форсунка змонтована безпосередньо в стінці або головці циліндра і подає паливо безпосередньо в циліндр в такті стискування, коли клапани вже закриті.

Системи імпульсного (періодичного) впорскування (impulsive injection system)

Система, в якій впорскування палива проводиться порціями в певні моменти.

Системи одноточкового впорскування палива Mono-Jetronic і Mono-Motronic (single point injection system Mono-Jetronic і Mono-Motronic)

Система переривчастого впорскування палива з електронним блоком керування, що має одну на весь двигун магнітоелектричну форсунку. Паливно-повітряна суміш поступає в циліндри двигуна так, як і при застосуванні карбюратора. Система «Mono-Jetronic» не має витратоміра повітря, тому співвідношення повітря та палива тут менш точне й визначається тільки положенням дросельної заслінки, температурою всмоктуваного повітря та частотою обертання колінчатого вала. Дана система займає проміжне положення за точністю подачі палива між карбюратором і розподіленим впорскуванням.

Системотехніка (systems engineering)

Науково-технічний напрямок, що вивчає питання проектування, конструювання та експлуатації складних технічних систем і машин з метою одержання найбільшого соціально-економічного ефекту. Основна увага в системотехніці концентрується на середньому рівні керування (керування підприємством, заводом, галуззю).

Соленоїд (електромагніт) (solenoid)

Фізичний прилад, котушка проводу, намотаного на циліндричну поверхню. Якщо довжина соленоїда набагато більша його діаметра, то при протіканні струму всередині котушки виникає однорідне магнітне поле спрямоване вздовж осі.

Терм (term)

Слова або речення природної мови.

Тестер (tester)

Пристрій, який оперативно контролює технічний стан системи запалювання, гальмової системи, освітлювального та іншого обладнання.

Технології інформаційно-комп'ютерні (informative computer technology)

Область високих технологій, які відповідають за збереження, передачу, обробку, захист і відтворення інформації за допомогою комп'ютерної техніки.

Фазифікація (fuzzyfication)

Процедура перетворення значень базової змінної в нечітку лінгвістичну змінну, що характеризується функцією належності.

Функція належності (membership function)

Функція, яка кожному значенню базової змінної ставить у відповідність певне число з інтервалу [0-1]. На практиці найчастіше використовуються трикутні, дзвоноподібні і трапецеїдальні функції належності.

Число октанове за дослідницьким методом (ОЧД) (research oktan number (RON))

Умовний показник, що характеризує здатність палива забезпечити бездетонаційну роботу двигунів із примусовим запаленням. Октанове число визначається на спеціальних установках шляхом порівняння характеристик горіння випробуваного палива й еталонних сумішей ізооктану з н-гептаном. Випробування за дослідницьким методом протікають за умов: частота обертання колінвала 600 хв^{-1} , температура всмоктуваного повітря 52°C . ОЧД краще характеризує бензини при їзді в міських умовах.

Число октанове за моторним методом (ОЧМ) (motor oktan number (MON))

Умовний показник, що характеризує здатність палива забезпечити бездетонаційну роботу двигунів із примусовим запаленням. Октанове число визначається на спеціальних установках шляхом порівняння характеристик горіння випробуваного палива й еталонних сумішей ізооктану з н-гептаном. Випробування за моторним методом протікають за умов: частота обертання колінвала 900 хв^{-1} , температура всмоктуваної суміші 149°C . ОЧМ краще характеризує бензини при їзді в умовах високих навантажень і швидкостей.

Чорний ящик (black box)

Кібернетичний об'єкт, у кожному елементі якого відбуваються певні перетворення вхідних параметрів у вихідні.

Навчальне видання

Кашканов Андрій Альбертович

Кужель Володимир Петрович

Грисюк Олег Григорович

ІНФОРМАЦІЙНІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна

Оригінал-макет підготовлено А. Кашкановим

Підписано до друку .
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. др. арк. .
Наклад прим. Зам. №

Вінницький національний технічний університет,
науково-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-81-59.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.